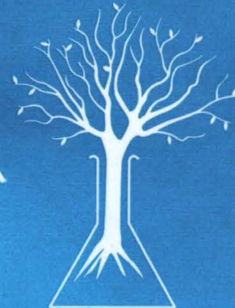
DK



GENLER BENCİL MOLEKÜLLERDİR



GÜNEŞ ENERJİSİ HEM SINIRSIZDIR HEM MALİYETSİZDİR





BİTKİLER FARKLI BİR ZAMAN ÖLÇEĞİNDE YAŞAR

BİLİMİN DÜNYAYLA İLGİLENME ZAMANI GELDİ



EKOLOJİ

KİTABI

BESİN CAN ALICI BİR SORUNDUR



HER BEDENSEL FAALİYET ISIYA BAĞLIDIR

KÜRESEL DÜŞÜN, YEREL HAREKET ET







ŞEYLERİN ADINI BİLMEZSENİZ BİLGİSİ KAYBOLUR

BÜYÜK FİKİRLERİ KOLAYCA ANLAYIN

DOĞAL ÇEVREYLE KUMAR OYNUYORUZ

ÖNSÖZ

TONY JUNIPER

ALFA

BÜYÜK FİKİRLERİ KOLAYCA ANLAYIN

DİZİNİN DİĞER KİTAPLARI

- 01- ASTRONOMİ KİTABI
- 02- BİLİM KİTABI
- 03- DİNLER KİTABI
- 04- EDEBİYAT KİTABI
- 05- EKOLOJİ KİTABI
- 06- EKONOMİ KİTABI
- 07- FELSEFE KİTABI
- 08- FEMİNİZM KİTABI
- 09- İŞLETME KİTABI
- 10- KLASİK MÜZİK KİTABI
- 11- MATEMATİK KİTABI
- 12- MİTOLOJİ KİTABI
- 13- PSİKOLOJİ KİTABI
- 14- SANAT KİTABI
- 15- SHAKESPEARE KİTABI
- 16- SHERLOCK HOLMES KİTABI
- 17- SİNEMA KİTABI
- 18- SİYASET KİTABI
- 19- SOSYOLOJİ KİTABI
- 20- SUÇ KİTABI
- 21- TARİH KİTABI
- 22- UZAY YOLU KİTABI

EKOLOJİ
KİTABI

ALFA

Alfa Yayınları: 4007
Başvuru: 35

EKOLOJİ KİTABI

Orijinal Adı The Ecology Book
İngilizce Aslından Çeviren Ahmet Fethi Yıldırım

1. Basım: 2021
ISBN 978-625-449-202-0

Sertifika No: 43949

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Kıdemli Sanat Editörü Duncan Turner
Kıdemli Editörler Helen Fewster, Camilla Hallinan
Sanat Yönetmeni Karen Self
Tasarım Uygulama Elif Çepikkurt

Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi, Ticarethane Sokak No: 15 34110 Cağaloğlu, İstanbul/Türkiye
Tel: (0212) 511 53 03 - 513 87 51 - 512 30 46 • Faks: (0212) 519 33 00
www.alfakitap.com info@alfakitap.com

A WORLD OF IDEAS: SEE ALL THERE IS TO KNOW (www.dk.com)
BAE'de üretilmiştir.

KATKIDA BULUNANLAR

JULIA SCHROEDER, DANIŞMAN EDİTÖR

Julia Schroeder, Hollanda'daki Groningen Üniversitesinde Hayvan Ekolojisi alanında doktora derecesi aldı. 2012'den 2017'ye kadar Almanya'daki Max Planck Ornitoloji Enstitüsünde toplumsal davranış ekolojisi üzerine çalışan bir araştırma grubuna başkanlık yaptı. Julia, şu anda Imperial College London'da evrimsel biyoloji üzerine ders veriyor ve araştırma yapıyor.

CELIA COYNE

Celia Coyne, Yeni Zelanda, Christchurch'te yaşayan bir serbest yazar ve editördür. *Earth's Riches ve The Power of Plants*'in yazarıdır; İngiltere, Avustralya ve Yeni Zelanda'daki dergiler, gazeteler, web siteleri ve kitaplarda bilim ve doğa tarihi üzerine makaleler yazıyor ve editörlük yapıyor. Amacı, bilimsel konuları sıradan okur için ulaşılabilir kılmak.

JOHN FARNDON

Bilim ve doğa üzerine hem çocuklar hem yetişkinler için yazılmış yüzlerce kitabın yazarı olan John Farndon, Cambridge Üniversitesinde coğrafya okudu. Özellikle korumaya ve ekolojiye odaklanarak kapsamlı şekilde yer bilimleri ve çevre üzerine yazdı. Kitaplarından bazıları: *The Oceans Atlas, The Wildlife Atlas, How the Earth Works ve The Practical Encyclopedia of Rocks and Minerals*

TIM HARRIS

Tim Harris üniversitede Norveç buzulları üzerine çalıştıktan sonra, şehir dışı yaban hayatı ve olağanüstü manzaralar peşinde dünyayı dolaştı. Namib çölünün kumullarını keşfe çıktı, Orta Meksika'daki Popocatépetl'a tırmandı, Sumatra yağmur ormanlarında kamp yaptı ve Rusya'da donmuş Okhotsk denizini inceledi. Tim Harris, İngiltere'de yayımlanan *Birdwatch* dergisinin eski yardımcı editörüdür ve yetişkinler ile çocuklar için doğayla ilgili kitaplar yazmıştır

DEREK HARVEY

Evrimsel biyolojiye özel ilgi duyan bir doğabilimci ve öğretmen olan Derek Harvey, İngiltere'deki Liverpool Üniversitesi Zooloji bölümünden mezun oldu. Bir kuşak biyoloğa ders verdi ve öğrencileri Costa Rica, Madagaskar ve Avustralasya'ya keşif gezilerine götürdü. Derek, şu anda bilim ve doğa tarihi kitapları yazmaya ve bu tür kitaplar için danışmanlık yapmaya yoğunlaşmaktadır

TOM JACKSON

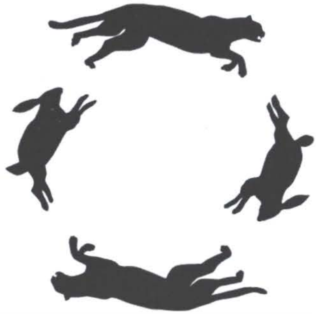
25 yıldır yazarlık yapan Tom Jackson, yetişkinler ve çocuklar için yazılmış yaklaşık 200 kurgu dışı kitabın yazarıdır ve daha fazlasına da katkıda bulunmuştur. Tom, İngiltere'deki Bristol Üniversitesinde zooloji okudu ve doğa tarihi ve bilimsel olan her şey hakkında yazı yazmaya yönelmeden önce hayvanat bahçelerinde ve doğa korumacısı olarak çalıştı.

ALISON SINGER

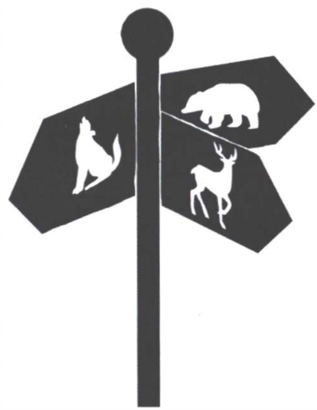
Alison Singer, ABD'deki Michigan Eyalet Üniversitesinde Topluluk Sürdürülebilirliği alanında doktora öğrencisidir; öykü anlatıcılığı ve bilim iletişimi çalışıyor. Edebiyat, ekoloji ve sosyal bilimlerde geniş bir eğitim geçmişi vardır. Alison, çevre yardım kuruluşlarında ve ABD Çevre Koruma Ajansında eğitmen olarak çalıştı

İÇİNDEKİLER

YAŞAMIN ÇEŞİTLİLİĞİ



EKOSİSTEMLER



DEĞİŞEN BİR ÇEVREDE ORGANİZMALAR





YAŞAYAN DÜNYA

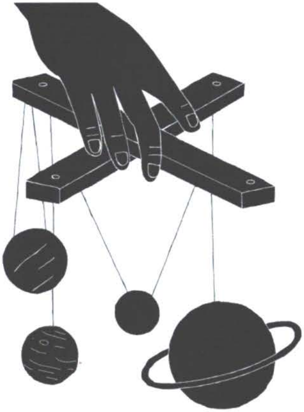
İNSAN FAKTÖRÜ



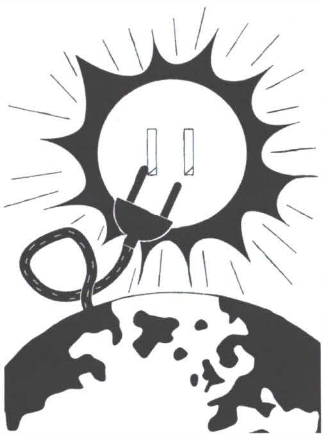








ÇEVRECİLİK VE ÇEVRE KORUMA



ÖNSÖZ

Küçük bir çocukken, doğa beni büyülemişti – kuşlar, kelebekler, bitkiler, sürüngenler, fosiller, ırmaklar, hava ve daha pek çok şey. Gençlik tutkularım beni doğal dünyayı araştıran ve onun korunması faaliyetlerini destekleyen bir yaşam boyu doğabilimcisi olma ve bir çevreci olarak çalışma yoluna soktu. Daha kuşbilimcisi, yazar, eylemci, politika savunucusu ve çevre danışmanı olarak çalıştım. Ama bütün bu muhtelif ilgi alanları ve faaliyetler tek bir temayla bağlantılıydı: Ekoloji.

Ekoloji, farklı canlılarla onların içinde gömülü olduğu hava, su ve kayaçtan oluşan fiziksel dünyalar arasında var olan ilişkileri anlamayı gerektiren birçok disiplini kucaklayan çok geniş bir konudur. Toprak mikroorganizmaları üzerinde çalışmaktan polen taşıyıcıların rolüne, su döngüsünün araştırılmasından dünyanın iklim sisteminin incelenmesine kadar birçok uzmanlık alanını kapsar. Zooloji, botanik, matematik, kimya ve fizik gibi birçok bilim dalını ve ayrıca sosyal bilimlerin kimi yanlarını –özellikle iktisat– birleştirirken; aynı zamanda derin felsefi ve etik sorular ortaya atıyor.

İnsan dünyasının sağlıklı doğal sistemlere bağımlı olduğu temel hususlar nedeniyle, çağımızın en önemli politik meselelerinin bir kısmı ekolojik meselelerdir. Bunların arasında iklim değişikliği, ekosistem hasarının etkileri, yaban hayatın yok olması ve balık rezervleri, tatlı su ve toprak da dahil olmak üzere, kaynakların tükenmesi konuları vardır. Tüm bu ekolojik değişikliklerin, insanlar üzerinde etkileri var ve bu etkiler giderek daha fazla bastırmaktadır.

Ekolojinin modern dünyamız için olağanüstü önemini ve konuya ilişkin bir kavrayışa sahip olmak için örülmesi gereken çok sayıda düşünce ve fikir dizisini düşündüğümde, Dorling Kindersley'in, dünyanın inanılmaz doğal sistemlerinin nasıl çalıştığıyla ilgili kavrayışımızın şekillenmesine yardım edecek temel kavramları ortaya koyan *Ekoloji Kitabı*'nı hazırlama kararından mutluluk duyuyorum. İlerleyen sayfalarda okur ekolojik kavramların tarihi, önde gelen düşünürler ve yanıtlamaya çalıştıkları sorulara yaklaştıkları farklı perspektifler hakkında da bir şeyler keşfedecektir.

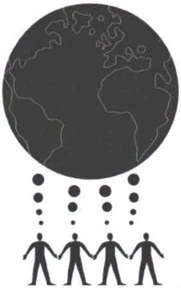
Bu kitabı diğerlerinden ayıran; zengin, akılda kalıcı ve çekici içeriğin sunuluş tarzı. Muazzam miktarda bilgi ve anlayış, okurun pek çok önemli ekolojik fikri ve arkasındaki insanları kolayca anlamasını sağlayan berrak bir düzenlemeyle, grafiklerle, görsellerle ve alıntılarla etkili bir biçimde aktarılıyor. James Lovelock'un Gaia Hipotezi, Norman Meyer'in yaklaşan kitlesel yok oluşla ilgili uyarıları ve Rachel Carson'ın zehirli pestisitlerin etkilerini gözler önüne seren çalışması bunlar arasında.

İlerleyen sayfalarda bulunan çok çeşitli bilgi bundan daha önemli olamazdı. Zira manşetler ve popüler tartışmalar, ortak geleceğimizi şekillendiren yaşamsal kuvvetlerin siyaset, teknoloji ve ekonomi olduğunu gösterirken, toplumların başarı şansını ve aslında bizzat uygarlığın geleceğini belirleyen en önemli bağlam, nihayetinde ekolojidir.

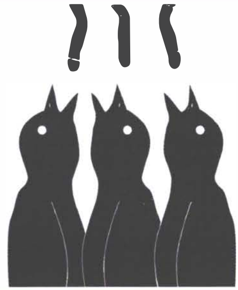
Ekoloji Kitabı'nı, bu yalnızca en önemli değil, en ilgi çekici de olan konu hakkında aydınlatıcı bulacağınızı umarım.

Tony Juniper CBE
Çevreci

GİRİŞ







En eski insanlar için tam gelişmemiş bir ekoloji bilgisi –organizmaların birbirleriyle nasıl ilişkili olduğu bilgisi– bir ölüm kalım meselesiydi. Atalarımız, hayvanların neden belli bir yerde otladığı ve meyvelerin neden belli bir yerde yetiştiğine ilişkin bilgiye sahip olmadan, hayatta kalamaz ve evrimleşemezdi.

Canlı hayvanların ve bitkilerin birbirleriyle ve canlı olmayan çevreyle nasıl etkileştikleri, Antik Yunanların ilgisini çekmişti. MÖ 4. yüzyılda Aristoteles ve onun öğrencisi Theophrastos, hayvan metabolizmasına ve ısı regülasyonuna ilişkin teoriler geliştirdi, nasıl büyüdüklerini keşfetmek için kuşların yumurtalarını parçalara ayırıp inceledi ve 11 basamaklı bir "yaşam merdiveni" tanımladı – organizmaları sınıflandırmaya yönelik ilk girişim. Aristoteles, bazı hayvanların diğerlerini nasıl tükettiğini de açıkladı –bir besin zincirinin ilk tanımlanışı.

Ortaçağda (476-1500) Katolik Kilisesi yeni bilimsel düşünceye engel oldu ve insanın ekoloji anlayışı çok yavaş ilerledi. Ne var ki, 16. yüzyılda deniz keşifleri, mikroskobun icadı gibi büyük teknolojik ilerlemelerle birlikte, hayret verici yeni yaşam formlarının keşfedilmesini ve bunlarla ilgili bir bilgi açlığını beraberinde getirdi. İsveçli botanikçi Carl Linnaeus *Systema Naturae* adında bir sınıflandırma sistemi geliştirdi –türleri adlandırmaya ve akrabalığa göre gruplandırmaya yönelik ilk bilimsel girişim. Bu süre boyunca özcülük –her türün değişmez karakteristik özelliklere sahip olduğu fikri– Batı düşüncesine egemen olmaya devam etti.

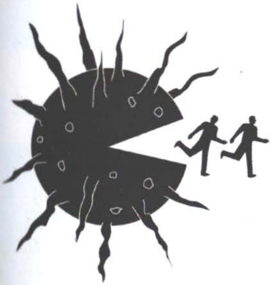
Büyük Atılımlar

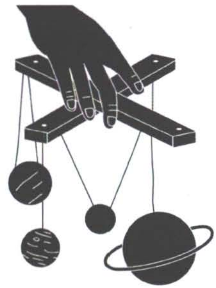
17. yüzyıl sonları ve 18. yüzyıl başlarındaki jeolojik keşifler özcülük fikrine meydan okumaya başladı. Jeologlar, bazı fosil türlerin jeolojik kayıtlardan aniden silindiğini, yerlerini başka türlerin aldığını fark etti; bu durum, organizmaların zaman içinde değiştiğini, hatta soylarının tükendiğini gösteriyordu. Fransız Jean-Baptiste Lamarck, 1809'da türleri birbirine bağlayan ilk evrim teorisini önerdi –edinilmiş karakteristik özelliklerin kalıtımıyla türlerin dönüşümü. Ne var ki, 50 yıl kadar sonra, doğal seçilim yoluyla evrim kavramını, organizmaların çevrelerine daha iyi uyum sağlamak için kuşaklar boyunca evrim geçirdiğine ilişkin teoriyi geliştiren –HMS *Beagle*'ın destansı keşif yolculuğundaki deneyimlerinden etkilenmiş olan– Charles Darwin ve Alfred Russel Wallace oldu. Darwin ve Wallace, bunu gerçekleştiren mekanizmayı anlamadı ama Gregor Mendel'in bezelye deneyleri, daha sonra gen olarak bilinecek olan kalıtımsal faktörlerin rolüne işaret etti; bu, evrim teorisinde dev bir sıçramayı temsil eder.

> Dünya üzerinde 4 milyon kadar farklı hayvan ve bitki çeşidi vardır. Hayatta kalma problemine dört milyon farklı çözüm.
>
> **David Attenborough**

Bağlantılar kurma

Organizmalar ile çevreleri arasında ve türler arasındaki ilişkiler, 20. yüzyılın başlarındaki ekolojik çalışmalara egemen oldu. Besin zincirleri, besin ağları (belirli bir habitatta kimin neyi yediği) ve ekonomik niş (bir organizmanın kendi çevresi içindeki rolü) kavramları geliştirildi ve 1935'te Arthur Tansley ekosistem –canlı organizmalar ile içinde yaşadıkları







çevre arasındaki etkileşimli ilişki-kavramını ortaya attı. Sonraki çevrebilimciler, ekosistemler içindeki nüfus dinamiklerini tahmin etmek için matematiksel modeller geliştirdi. Evrim teorileri DNA'nın yapısının keşfiyle ve DNA kopyalanırken ortaya çıkan mutasyonun sağladığı evrimsel "vasıta"yla birlikte de ilerleme gösterdi.

Yeni ufuklar

Gelişmiş teknoloji, ekolojiye yeni olanaklar açtı. Bir elektron mikroskobu artık, bir hidrojen atomunun büyüklüğünün yarısına kadar görüntüler oluşturabiliyor ve bilgisayar programları, yarasaların ve balinaların çıkardığı, insan kulağının işitebileceğinden daha yüksek ya da daha düşük sesleri analiz edebiliyor. Fotokapanlar ve kızılötesi dedektörler, gececi canlıların fotoğrafını çekiyor ve onları filme alıyor; kuşlara takılan küçük uydu aygıtları, kuşların hareketlerini izleyebiliyor.

Laboratuvarda dışkı, kürk ya da tüylerdeki DNA'ların analizi, bir hayvanın hangi türe ait olduğunu gösteriyor ve farklı organizmalar arasındaki ilişkilere ışık tutuyor. Çevrebilimcilerin, yurttaşlardan oluşan ve giderek büyüyen bir bilim insanı ordusunun yardımıyla veri toplaması artık her zamankinden daha kolay.

Yeni sorunlar

İlk ekolojiyi bilgi açlığı harekete geçirmişti. Daha sonra, doğal dünyayı insan ihtiyaçları için sömürmenin daha iyi yollarını bulmak için kullanıldı. Zaman ilerledikçe, bu sömürünün sonuçları giderek daha fazla su yüzüne çıktı. Ormansızlaşmaya daha 18. yüzyıl gibi erken bir dönemde bir sorun olarak dikkat çekildi; 19. yüzyılda sanayileşmiş ülkelerde hava ve su kirliliği sorunları açık hale geldi. 1962'de Rachel Carson'ın kitabı Sessiz Bahar, pestisitlerin tehlikeleri konusunda dünyayı uyardı ve altı yıl sonra Gene Likens, enerji santralleri salınımları, asit yağmuru ve balık ölümleri arasındaki bağlantıyı gösterdi.

1985'te güney kutbunu araştıran bir bilim insanı ekibi, ozon tabakasının Antarktika üzerinde dramatik bir biçimde inceldiğini keşfetti. Sera gazları ile Dünya'nın alt atmosferinin ısınması arasındaki bağlantı 1947 gibi erken bir tarihte G. Evelyn Hutchinson tarafından kurulmuştu, ama bu, iklim değişikliğinin insan yapımı nedenleri konusunda bilimsel bir görüş birliği sağlan masından onlarca yıl önceydi.

Gelecek

Modern ekoloji, ekoloji biliminin ilk tanınmasından beri çok yol katetti. Şimdi birçok disiplinden yararlanıyor. Zooloji, botanik ve bunların mikro-disiplinlerine ek olarak, jeoloji, jeomorfoloji, iklim bilimi, kimya, fizik, genetik, sosyoloji ve daha birçok bilim dalına yaslanıyor. Ekoloji, yerel ve ulusal yönetimlerin kentleşme, ulaşım, sanayi ve ekonomik büyümeyle ilgili kararlarını etkiliyor. İklim değişikliğinin, yükselen deniz seviyelerinin, doğal yaşam alanı kaybının, türlerin yok olmasının, plastik ve diğer kirlilik biçimlerinin ve ufukta beliren bir su krizinin yarattığı sorunlar, insan uygarlığı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bunlar, somut bilime dayanan radikal politikalarla karşılık vermeyi gerektiriyor. Yanıtları ekoloji verecektir. Bunları uygulamaksa hükümetlerin görevi. ■

> Denizin engin ve gizemli alanlarında bile hiçbir şeyin kendi başına yaşamadığı temel gerçeğiyle karşılaşırız.
>
> **Rachel Carson**

EVRİMİ ÖYKÜSÜ

1785

James Hutton, Dünya'nın daha önce inanılandan **çok daha yaşlı olduğunu** ve Dünya'nın kabuğunun sürekli değiştiğini öne süren teorisini sunar.

1809

Jean-Baptiste Lamarck, hayvanların, farklı vücut bölümlerini kullanmalarının ya da kullanmamalarının bir sonucu olarak kuşaklar boyunca **mutasyonları** tetikleyerek karakteristik özellikler edindiğini öne sürdüğü *Philosophie Zoologique* kitabını yayımlar.

1813

Essay on the Theory of the Earth kitabında **Georges Cuvier**, fosillerin, "felakete neden olan" periyodik olayların yeryüzünden sildiği soyu **tükenmiş canlıların** kalıntıları olduğunu öne sürer.

1823

Amatör fosil avcısı **Mary Anning**, ilk bozulmamış **pleziozor iskeletini** ortaya çıkarır.

1831

HMS *Beagle*, dünyanın etrafını dolaşmak için, yolculukta doğabilimci olarak görev yapacak **Charles Darwin**'le birlikte yelken açar. Gezi, Darwin'e, kendisinin **doğal seçilim yoluyla evrim** teorisine esin kaynağı olan bilgileri sağlar.

Eski mitler, dinler ve felsefe, hepsi Dünya'nın nasıl başladığına ve insanın, Dünya'daki yaşamın öyküsündeki yerine karşı sonsuz bir ilgiyi yansıtır. Batıda Hıristiyanlık, tüm hayvanların ve bitkilerin kusursuz bir yaratılışın sonucu olduğunu savundu. Varlık zincirinde ya da merdiveninde hiçbir tür, bir konumdan diğerine hareket edemezdi. Türler değişmezdi – özcülük olarak adlandırılan bir fikir.

18. yüzyıl Aydınlanma Çağı, Ortodoks Hıristiyan inançlara meydan okumaya başladı. Fransız zoolog Jean-Baptiste Lamarck, Dünya'nın yalnızca birkaç bin yaşında olduğu şeklindeki, Kitabı Mukaddes'e dayanan egemen anlayışı reddetti. Organizmaların milyonlarca yıl içinde basit yaşam formlarından karmaşık formlara doğru değişmiş olması gerektiğini ve türlerin "dönüşümü"nün, bu değişimin arkasındaki itici güç olduğunu savundu. Hayvanların ömürleri boyunca edindikleri karakteristik özelliklerin, bir sonraki kuşak tarafından miras alındığı tahmininde bulundu: Örneğin, zürafalar yüksek yapraklara ulaşmak için yukarıya uzandıkça uzun boyunlu hale geldi ve bu özellik yavrularına geçti; kuşaklar boyunca zürafalar giderek daha uzun boyunlu oldu.

Georges Cuvier gibi öncü jeologların bulduğu, modern nesilleri andıran niteliklere sahip, soyu tükenmiş yaşam formlarının fosil kanıtları da, Dünya'nın kökeninin çok daha eski olduğunu gösterdi. Bu arada James Hutton ve Charles Lyell, jeolojik özelliklerin aralıksız, süregiden erozyon ve tortulanma süreçleriyle açıklanabileceğini öne sürdü – üniformitaryanizm (tekbiçimcilik) denilen bir görüş. Bu süreçler yavaş gerçekleştiği için, Dünya'nın tarihi daha önce sanılandan çok daha uzun olmalıydı.

Doğal seçilim

1858'de Charles Darwin ve Alfred Russel Wallace, biyolojiyi ebediyen değiştirecek bir makale ortaya koydu. *Beagle*'ın destansı yolculuğu sırasında (1831-36) Darwin'in yaptığı gözlemler, diğer doğabilimcilerle yazışmaları ve Thomas Malthus'un yazılarının etkisi, Darwin'in evrimin doğal seçilimle gerçekleştiğine dair sezgisine ilham vermişti. Destekleyici veriler toplamaya 20 yıl harcamıştı, ama Wallace aynı düşünceyi kendisine yazınca, kamuoyuna açıklamanın zamanının geldiğini anladı. Daha sonra yayımlanan kitabı *Doğal Seçilim*

1866

Gregor Mendel'in "Bitki Melezleri Üzerine Deneyler" başlıklı makalesi, **genetik** alanının temellerini atan bezelye deneylerinden elde ettiği bulguları özetler.

1976

Evrimsel biyolog Richard Dawkins'in *Gen Bencildir*'i **evrim** konusunda, tür veya gruba değil, gene odaklanan **yeni bir bakış** açısı sunar.

1859

Darwin, kısa sürede tükenen ***Doğal Seçilim Yoluyla Türlerin Kökeni Üzerine*** **kitabında** kendi evrim **teorisinin** ayrıntılarını açıklar.

1953

İngiltere, Cambridge'de *The Eagle* adlı barda **Crick ve Watson, DNA'nın yapısını** keşfettiklerini duyurur.

2003

İnsan Genomu Projesi, *Homo sapiens*'in ilk genetik haritasını çıkarır.

Yoluyla Türlerin Kökeni Üzerine infial yarattı. Evrim düşüncesi yaygın kabul görmesine rağmen, doğal seçilimi olanaklı kılan mekanizma henüz bilinmiyordu. 1866'da Gregor Mendel adlı Avusturyalı bir keşiş, bezelye bitkilerindeki kalıtımla ilgili bulgularını yayımlayınca genetiğe büyük bir katkıda bulundu. Mendel baskın ve çekinik özelliklerin, şimdi gen dediğimiz görünmez "faktörler" aracılığıyla bir kuşaktan diğerine nasıl geçtiğini açıkladı.

1900'de Mendel'in eserinin yeniden keşfi, başlangıçta onun destekçileri ile Darwinciler arasında şiddetli bir tartışma başlattı. O sırada evrimin küçük, karma varyasyonların seçilimine dayandığına inanılıyordu ama Mendel'in varyasyonları açık bir biçimde karışmamıştı. Otuz yıl sonra genetikbilimci Ronald Fisher ve diğerleri iki düşünce okulunun birbiriyle çelişmediğini, aksine birbirini tamamladığını savundu. 1942'de Julian Huxley, *Evolution: The Modern Synthesis* kitabında Mendel'in genetiği ile Darwin'in doğal seçilim teorisinin sentezini birleştirdi.

Çift sarmal

Teknolojide X-ışınlı kristalografi gibi ilerlemeler 1940'larda ve 50'lerde daha fazla keşfin yapılmasına ve yeni moleküler biyoloji disiplininin temelinin atılmasına yol açtı. 1944'te kimyacı Oswald Avery deoksiribonükleik asidi (DNA) kalıtımın birimi olarak tanımladı. 1952'de Rosalind Franklin ve Raymond Gosling, DNA molekülünün zincirlerini fotoğrafladı ve ertesi yıl James Watson ve Francis Crick, DNA'nın çift sarmal yapısını doğruladı. Crick, daha sonra genetik bilginin DNA molekülüne "yazılı" olduğunu gösterdi. DNA kendini kopyalarken oluşan hatalar mutasyonları –evremin hammaddesi– yaratır. 1980'lerde bireylerin ve türlerin genlerinin haritasını çıkarmak ve değiştirmek olanaklıydı. 1990'larda insan genomunun haritalandırılması, tıbbi gen tedavisi araştırmalarına zemin hazırladı.

Çevrebilimciler ayrıca genlerin davranışları etkileyip etkilemediğini saptamak ister. 1964'te William D. Hamilton, hayvanlardaki özgeci davranışı açıklamak için genetik akrabalık ("akraba seçimi") kavramını tanıttı. *Gen Bencildir*'de (1976) Richard Dawkins, gen-merkezli yaklaşımı daha da geliştirdi. Çevrebilimciler Darwin'in teorisini geliştirmeye devam ettiği sürece evrimsel biyolojinin tartışmaları ateşleyeceği açıktır. ■



DOĞA İÇİN ZAMAN ÖNEMSİZDİR, ASLA BİR ZORLUK DEĞİLDİR

İLK EVRİM TEORİLERİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Buffon Kontu (1707–88), **Jean-Baptiste Lamarck** (1744–1829)

ÖNCE
1735 İsveçli botanikçi Carl Linnaeus, daha sonra türlerin atalarını belirlemeye yardımcı olacak biyolojik sınıflandırma sistemi *Systema Naturae*'yi yayımlar

1751 Fransız filozof Pierre Louis Moreau de Maupertuis, "Système de la nature"da, özelliklerin kalıtımla alınabildiği düşüncesini tanıtır.

SONRA
1831 Etienne Geoffroy Saint-Hilaire ani çevre değişikliğinin, var olan bir organizmadan yeni bir türün gelişmesine neden olduğunu yazar.

1844 *Vestiges of the Natural History of Creation*'da İskoç jeolog Robert Chambers, basit yaratıkların evrim geçirip daha karmaşık türlere dönüştüğünü öne sürer –adını vermeden.

18. yüzyıldan önce pek çok kişi, bitki ve hayvan türlerini zaman içinde değişmeden kaldıklarına inanırdı –şimdi özcülük olarak bilinen bir görüş. Bu düşünce, iki gelişmenin sonucu olarak itirazlarla karşılaştı: Aydınlanma olarak bilinen entelektüel hareket (y. 1715-1800) ve Sanayi Devrimi (1760-1840).

Aydınlanmaya bilimsel ilerleme ve Tanrı'nın Dünya'yı ve tüm canlıları yedi günde yarattığı iddiası gibi, dinsel Ortodoksluğun daha fazla sorgulanması damga vurdu. Sonra, Sanayi Devrimi hız kazandıkça, kaya katmanlarında açılan kanallar, demiryolları, madenler ve taş ocakları, büyük çoğunluğu artık var olmayan ve daha önce hiç görülmemiş bitki ve hayvan türlerine ait binlerce fosili açığa çıkardı. Bunlar, kutsal kitap kaynaklarından çıkarılan ve genel kabul gören yaratılış tarihi olan MÖ 4400'den çok önce yaşamın başladığını göstermekteydi.

Hayvanların adaptasyonu

1700'lerin sonunda Buffon Kontu Georges-Louis Leclerc, Dünya'nın Kitabı Mukaddes'in gösterdiğinden çok daha yaşlı olduğunu iddia ederek kilise yetkililerinin keyfini kaçırdı. Dünya'nın, bir kuyrukluyıldızın Güneş'ten kopardığı, soğuması 70.000 yıl süren (aslında çok eksik bir hesap) erimiş malzemeden oluştuğuna inanıyordu. Dünya soğurken türler ortaya çıktı, ölüp gitti ve sonunda bugün bilinen türlerin ataları onların yerine aldı. Aslan, kaplan ve kedi gibi hayvanlar arasındaki benzerliklere dikkat çeken Buffon, dört ayaklı 200 türün yalnızca 38 atadan evrildiği sonucunu çıkardı. Akraba türlerde vücut şekli ve büyüklüğündeki değişikliklerin farklı ortamlarda yaşamaya tepki olarak gerçekleştiğine de inanıyordu.

I1800'de Fransız doğabilimci Jean-Baptiste Lamarck daha da ileri gitti. Paris'teki Doğa Tarihi Müzesindeki bir konferansta, bir

> Doğa, şeylerin var olması ve canlılar silsilesi için Yaratıcı'nın saptadığı yasalar sistemidir.
>
> **Buffon Kontu**

Ayrıca bkz: Yok oluş ve değişim 22 ▪ Üniformitaryanizm 23 ▪ Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Kalıtımın kuralları 32–33

yaratığın yaşarken edindiği özelliklerin yavrularına geçtiğini ve kuşaklar boyunca bu tür değişimlerin birikmesinin bir hayvanın anatomisini köklü bir biçimde değiştirebildiğini savundu.

Lamarck yazdığı birçok kitapta bu başkalaşım düşüncesini geliştirdi. Örneğin, vücut bölümlerinin kullanılmasının ya da kullanılmamasının, böyle niteliklerin bir türde giderek daha güçlü, daha zayıf, daha büyük ya da daha küçük hale gelmesiyle sonuçlandığını öne sürdü. Köstebeklerin atalarının, olasılıkla, iyi bir görme duyusu vardı ama köstebekler yer altında tünel kazarken, görmeye ihtiyaç duymadığı için, zaman içinde bu duyu bozuldu. Benzer şekilde, zürafalar ağaçlardaki yüksek yapraklara ulaşmalarını sağlayan daha uzun boyunlar geliştirdi.

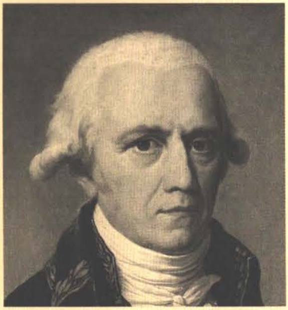
> ... bir organın sürekli kullanılması o organı giderek güçlendirir, geliştirir ve büyütür.
> **Jean-Baptiste Lamarck**

Evrimin itici güçleri

Lamarck'ın kalıtımsal edinilmiş özelliklerle ilgili düşünceleri, daha geniş bir ilk evrim teorisinin parçasıydı. En eski, en basit yaşam formlarının doğrudan cansız maddeden çıktığına da inanıyordu. Lamarck, evrimsel değişimi harekete geçiren iki ana "yaşam gücü" saptadı. Bunlardan biri, ona göre, organizmaların bir ilerleme "merdiveninde" basitten karmaşığa gelişmesini sağlıyordu. Diğeri, edinilmiş özelliklerin kalıtımı yoluyla, organizmaların çevrelerine daha iyi uyum sağlamalarına yardım ediyordu. Charles Darwin doğal seçilimle evrim teorisini geliştirirken Lamarck'ın birçok fikrini reddedecekti ama ikisi de karmaşık yaşamın çok uzun bir zaman içinde evrildiğine inancını paylaşıyordu. ■

Fosil buluntular yaşamın nasıl başladığıyla ilgili düşünceleri değiştirdi. Bir eklemli pleziozorun –*Plesiosaurus dolichodeirus*– ilk örneğini Mary Anning 1823'te İngiltere, Dorset'te keşfetti.





Jean-Baptiste Lamarck

1744'te doğan Jean-Baptiste Lamarck, bir Cizvit kolejinde okuduktan sonra Fransız ordusuna katıldı. Bir yaralanma sonucu istifa etmek zorunda kalınca tıp okudu ve ardından, bitkilere duyduğu tutkunun peşinden gitti, Paris'te Jardin du roi'de (Kraliyet Bahçesi) çalıştı. Lamarck, Buffon Kontu'nun desteğiyle 1779'da Bilimler Akademisine seçildi. Fransız Devrimi sırasında (1789-99) Kraliyet Bahçesinin ana binası yeni Doğa Tarihi Ulusal Müzesi olunca Lamarck böcekleri, kurtçukları ve mikroskobik organizmaları incelemekle görevlendirildi. "Omurgasız" terimini türetti ve genellikle bu türlerin görece basit formlarını kullanarak evrimsel ilerleme "merdiveni"ni açıkladı. Ne var ki, Lamarck'ın çalışmaları tartışmalıydı ve 1829'da yoksulluk içinde öldü.

Önemli eserleri

1802 *Research on the Organization of Living Bodies*
1809 *Zoological Philosophy*
1815–22 *Natural History of Invertebrate Animals*



FELAKETE UĞRAMIŞ, BİZİMKİNDEN ÖNCEKİ BİR DÜNYA

YOK OLUŞ VE DEĞİŞİM

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Georges Cuvier (1769–1832)

ÖNCE
1400'ler sonu Leonardo da Vinci fosillerin dünyada kendiliğinden oluşan şekiller olmadığını, canlı yaratıkların kalıntıları olduğunu ileri sürer.

1660'lar İngiliz bilim insanı Robert Hooke, bugün dünyada benzer formlar bulunamadığı için, fosillerin soyu tükenmiş yaratıklar olduğunu öne sürer.

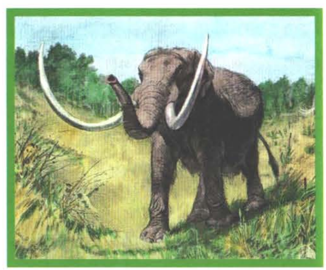
SONRA
1841 İngiliz anatomi uzmanı Richard Owen, büyük sürüngen fosillerine "dinozor" adını verir.

1859 Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni*, evrimin "doğal seçilim"le nasıl gerçekleştiğini açıklar.

1980 ABD'li bilim insanları Luis ve Walter Alvarez, dinozorların yok oluşu sırasında bir asteroidin Dünya'ya çarptığına ilişkin kanıtlar sunar.

Fosil araştırmalarının ilk günlerinde birçok kişi, fosillerin soyu tükenmiş türler olabileceğini inkâr ediyordu. Tanrının daha insanlar ortaya çıkmadan canlılar yaratıp yok etmesinin nedenini göremiyor, bilinmedik fosil türlerin dünyanın bir yerinde hâlâ yaşıyor olabileceğini savunuyorlardı. 18. yüzyıl sonlarında Fransız zoolog George Cuvier, yaşayan ve fosil fillerin anatomisini inceleyerek bu konuyu araştırdı. Mamut ve mastodon gibi fosil türlerin yaşayan fillerden anatomik olarak farklı olduklarını, dolayısıyla soyu tükenmiş türleri temsil etmeleri gerektiğini kanıtladı. (Dünyada hâlâ fark edilmeden yaşıyor olmaları pek olası değildi.)

Cuvier Dünya'nın bir dizi farklı çağ yaşadığını, bu çağlardan her birinin var olan florayı ve faunayı yok eden bir "devrimle" son bulduğunu düşünüyordu. Ama fosil kanıtının bir evrim teorisini desteklediğine inanmıyordu. Cuvier'in belli başlı görüşleri yine de destek görmeye devam ediyor ve yeni kanıtlar Dünya'nın geçmişinde, dinozorları yeryüzünden silen de dahil, en az beş felaketle sonuçlanan kitlesel yok oluş olayına işaret ediyor. Bununla birlikte, bugünün bilim insanları Cuvier'den farklı olarak, bir felaketten sonra yaşamın yoktan yeniden yaratılmadığını biliyor. Aksine, bir kitlesel yok oluş olayı birçok türü öldürüp yok ettiğinde geride kalanlar evrim geçirecek ve dinozorlar çağından sonra memelilerin yaptığı gibi, boşalan ekolojik nişleri doldurmak üzere –bazen görece hızlı bir biçimde– çoğalacaktır. ■



Cuvier "mastodon" adını, "meme diş" anlamına gelen Yunancasından türetti; yaşayan fillerden farklı olarak bu canlıların dişlerinde meme ucuna benzer örüntüler vardı.

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Ekolojik nişler 50–51 ▪ Eski buzul çağları 198–199 ▪ Kitlesel yok oluşlar 218–223



NE BİR BAŞLANGIÇTAN ESER VAR NE DE BİR SON BEKLENTİSİ

ÜNİFORMİTARYANİZM

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
James Hutton (1726–97)

ÖNCE
1778 Fransız doğabilimci Buffon Kontu, Dünya'nın en az 75.000 yaşında –o sırada pek çok kişinin inandığından çok daha yaşlı– olduğunu öne sürer

1787 Alman jeolog Abraham Werner Dünya'nın kaya tabakalarının bir zamanlar bütün gezegeni kaplayan büyük bir okyanustan oluştuğunu ortaya atar. Takipçileri, Neptünistler olarak anılmaya başlanır.

SONRA
1802 İskoç jeolog John Playfair *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth* başlıklı kitabını yayımlayınca James Hutton'ın üniformitaryanizm teorisi daha geniş bir kitleye ulaşır.

1830–33 İskoç jeolog Charles Lyell'in *Principles of Geology*'si James Hutton'ın üniformitaryanizm fikirlerini destekler ve geliştirir.

Üniformitaryanizm, tortu oluşumu, erozyon ve volkanik etkinlik gibi jeolojik süreçlerin, geçmiştekiyle aynı hızda gerçekleştiğini öne süren teoridir. Bu düşünce 18. yüzyıl sonlarında madencilik, taş ocakçılığı ve artan seyahatin alışılmadık kaya tabakaları ve daha önce bilinmeyen fosiller de dahil olmak üzere, giderek daha fazla jeolojik özelliği gün ışığına çıkarmasıyla ortaya çıktı.

Buffon Kontu Dünya'nın yalnızca birkaç bin yaşında olduğuna dair genel kabul gören görüşe karşı çıkmıştı ve 1785'te İskoç jeolog James Hutton da Dünya'nın çok daha yaşlı olduğunu öne sürdü. Hutton'ın fikirleri, İskoçya'da kaya tabakalarını incelemek için yapılan keşif gezileri sırasında şekillendi. Dünya'nın kabuğunun çok yavaş da olsa durmadan değiştiğine ve tabakalaşma, erozyon ve yükselme gibi karmaşık jeolojik olayların uzak geçmişte şimdikinden daha hızlı gerçekleştiğini öne sürmek için hiçbir neden olmadığına inandı. Hutton'a göre pek çok jeolojik süreç o kadar yavaş gerçekleşiyordu ki keşfettiği nitelikler inanılmaz eski olmalıydı.

> “... fiilen ne olduğundan yola çıkıp bundan sonra [ne] olacağı sonucuna varmak için verilere sahibiz.”
>
> **James Hutton**

Üniformitaryanizm, özellikle Eski Ahit'in yaratılış öykülerinin dar bir yorumuna karşı çıktığı için hemen genel kabul görmedi. Bununla birlikte, John Playfair ve Charles Lyell gibi yeni bir jeologlar kuşağı, Hutton'ın genç Charles Darwin'e de ilham veren fikirlerini var gücüyle destekledi. ■

Ayrıca bkz: İlk evrim teorileri 20–21 ▪ Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Hareket eden kıtalar ve evrim 212–213 ▪ Kitlesel yok oluşlar 218–223

VAROLUŞ MÜCADELESİ

DOĞAL SEÇİLİMLE EVRİM



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Charles Darwin (1809–82)

ÖNCE
1788 Fransa'da Buffon Kontu Georges-Louis Leclerc, evrimle ilgili ilk düşüncelerin ana hatlarını çizen 36 ciltlik *Histoire Naturelle* kitabını tamamlar.

1809 Jean-Baptiste Lamarck canlıların, edinilmiş özellikleri miras alarak evrimleştiğini öne sürer.

SONRA
1869 İsviçreli doktor Friedrich Miescher genetik rolü henüz anlaşılmamış olsa da DNA'yı keşfeder.

1900 Avusturyalı bilim insanı Gregor Mendel'in 1800'lerin ortasında bezelye bitkisiyle yaptığı deneylere dayanan kalıtım yasaları yeniden keşfedilir.

1942 İngiliz biyolog Julian Huxley evrimi ürettiği düşünülen mekanizmalar için "modern sentez" terimini türetir.

Doğal seçilim, İngiliz doğabilimci Charles Darwin'in geliştirdiği ve *Türlerin Kökeni* (1859) kitabında ortaya attığı kavram, organizmalarda evrimin temel mekanizmasıdır; farklı hayatta kalma oranlarına ve üreme yeteneklerine yol açar. Daha yüksek üreme başarısı olan organizmalar genlerini sonraki kuşağın daha fazla üyesine aktarır, dolayısıyla o özelliklere sahip bireyler daha yaygın olur.

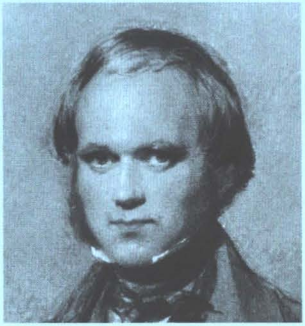
Galapagos'a doğru

Genç Charles Darwin evrimi ilk kez HMS *Beagle*'da, dünya çapında 1831'den 1836'ya kadar süren çığır açıcı bilimsel keşif gezisi sırasında düşünmeye başladı. Gençken Darwin, Kitabı Mukaddes'in Ortodoks yorumunu, Dünya'nın yalnızca birkaç bin yaşında olduğu görüşünü kabul ediyordu. Ne var ki, Beagle'ın güvertesindeyken İskoç jeolog Charles Lyell'in yeni yayımlanan, kayaçların çok büyük bir zaman diliminde –binlerce değil, milyonlarca yılda– küçük, kademeli ve kümülatif değişimin izlerini taşıdığını gösteren kitabı *Principles of Geology*'yi (Jeolojinin İlkeleri) okudu. Darwin Dünya'da erozyon, tortulaşma ve volkanik faaliyet süreçlerinin etkisi altında kalmış manzaraları gördükçe, çok uzun zaman dilimleri içinde değişen hayvan türlerini ve bu tür değişimlerin nedenlerini düşünmeye başladı. Darwin fosilleri inceleyerek ve yaşayan hayvanları gözlemleyerek örüntüler saptadı; örneğin, soyu tükenen türlerin yerini, çoğu kez benzer ama ayrı, yeni türlerin aldığını fark etti.

Darwin'in 1835 sonbaharında Güney Amerika açıklarındaki Galapagos takımadalarında yürüttüğü saha çalışması, özellikle ken-

> Doğal seçilim, bütün dünyada en ufak varyasyonları her gün ve her saat dikkatle inceliyor.
> **Charles Darwin**

Charles Darwin



1809'da İngiltere, Shropshire'da doğan Darwin, erken yaşta doğa tarihine ilgi duydu. Cambridge Üniversitesindeyken John Stevens Henslow da dahil olmak üzere nüfuzlu doğabilimcilerle arkadaş oldu. Bunun sonucunda, dünya çapındaki HMS Beagle keşif gezisine davet edildi. Henslow, Darwin'in buluntularını kataloglamasına ve tanıtmasına yardım etti.

Darwin'in araştırmaları ona şan ve şöhret getirdi – 1853'te Royal Society Kraliyet Madalyası ve 1854'te Linnean Society üyeliği. 1859'da *Türlerin Kökeni* kitabı anında satılıp tükendi. Sağlığı sürekli kötüleşmesine rağmen Darwin'in 10 çocuğu oldu, araştırmayı ve yeni teoriler geliştirmeyi hiç bırakmadı. 1882'de öldü.

Önemli eserler

1839 *Zoology of the Voyage of HMS* Beagle.
1859 *Doğal Seçilim Yoluyla Türlerin Kökeni*
1868 *The Variation of Animals and Plants under Domestication*
1872 *The Expression of Emotions in Man and Animals*

Ayrıca bkz: İlk evrim teorileri 20–21 ▪ Kalıtımın kuralları 32–33 ▪ DNA'nın rolü 34–37 ▪ Bencil gen 38–39 ▪ Besin zinciri 132–133 ▪ Kitlesel yok oluşlar 218–223 ▪ Popülasyon yaşayabilirlik analizi 312–315

adasının daha sonraki doğal seçilimle evrim teorisine güçlü kanıtlar sağladı. Orada dev kaplumbağaların kabuk şeklinin adadan adaya hafif değişkenlik gösterdiğini gözlemledi. Genel olarak birbirine benzeyen ama bariz bir biçimde de farklı dört alaycıkuş çeşidinin bulunması, ama hiçbir adada o kuşun birden fazla türünün bulunmaması da Darwin'in ilgisini çekti. Birbirine benzer gibi görünen ama gaga şekli ve büyüklüğü farklı küçük kuşlar da gördü. Darwin her bir grubun ortak bir ataya sahip olduğu, ama farklı çevrelerde değişik özellikler geliştirdikleri sonucunu çıkardı.

Darwin'in vardığı sonuçlar

İngiltere'ye dönüşünde, Galapagos'ta bulduğu, gerçek ispinoz familyasına ait olmamalarına rağmen genellikle "ispinoz" olarak adlandırılan küçük kuşların farklı gagaları Darwin'i düşündürdü. Bir kuşun gagasının beslenmesinin temel aracı olduğunu, dolayısıyla uzunluğunun ve şeklinin beslenmesi hakkında ipuçları sunduğunu biliyordu. Daha sonraki araştırmalar Galapagos adalarında 14 farklı ispinoz türünün bulunduğunu ortaya çıkardı. Gaga farklılıkları belirgin ve dikkate değerdir. Örneğin, kaktüs ispinozlarının kaktüs meyvelerinden tohum çıkarmak için ideal olan uzun, sivri gagaları varken; yer ispinozları yerdeki büyük tohumları yemeye uygun daha kısa, daha dayanıklı gagalara sahiptir. Ötleğen ispinozlarınsa uçan böcekleri yakalamak için ideal olan ince, keskin gagaları vardır.

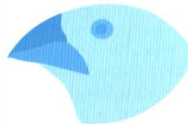
Darwin ispinozların Güney Amerika anakarasından takımadalara ulaşan ortak bir ispinoz atanın soyundan geldikleri tahmininde bulundu. Çeşitli ispinoz popülasyonlarının farklı Galapagos habitatlarında evrimleştiği, her bir grubun, daha sonra "doğal seçilim" olarak adlandırılacak bir süreçle, az çok özel bir beslenme biçimine uyarlandığı sonucuna vardı. Zaman içinde ispinoz popülasyonları ayrı türler haline gelmişti.

21. yüzyılın başında Harvard Üniversitesindeki araştırmacılar bunun genetik düzeyde nasıl gerçekleştiğine ilişkin yeni kanıtlar ortaya çıkardı. 2006'da yayımlanan bulguları kalmodülin denilen bir molekülün, kuşların gagalarını şekillendiren genleri düzenlediğini ve uzun gagalı kaktüs ispinozlarında, kısa gagalı yer ispinozlarında olduğundan daha yüksek düzeyde bulunduğunu gösterdi.

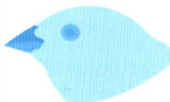
Galapagos ispinozunun gaga yapısının karşılaştırılması



Geospiza magnirostris
Darwin'in ispinozlarının en irisi olan büyük yer ispinozunun kısa, keskin gagası, kabuklu yemişleri kırmasını olanaklı kılar.



Geospiza fortis
Ortanca yer ispinozunun, bulunabilir olan tohumların büyüklüğüne uyum sağlamak üzere hızlı bir biçimde evrimleşen gagası değişkenlik gösterir.



Geospiza parvula
Yaprakların arasında yiyecek arayan küçük ağaç ispinozunun küt gagası tohum, meyve ve böceklerden oluşan beslenme biçimine uygundur.



Certhidea olivacea
Yeşil ötleğen ispinozun ince, derine inen gagası küçük böcekleri ve örümcekleri yakalamasına yardım eder.

Teorinin incelikli hale getirilmesi

Darwin, Thomas Malthus'un, nüfus artışının sonunda besin üretimini aşağını öngördüğü *Nüfus İlkesi Üzerine Bir Deneme*'sinden (1798) etkilendi. Bu düşünce Darwin'in tek tek hayvanlarla tür arasında kaynaklar için süregiden rekabete ilişkin gözlemlediği kanıtlarla örtüşüyordu. Bu rekabet boyutu Darwin'in biçimlenmekte olan evrim teorisinin belkemiğini oluşturdu.

1839'a gelindiğinde Darwin, doğal seçilimle evrime ilişkin bir düşünce geliştirmişti. Gerçi yayımlamaya isteksizdi çünkü teoriyi dine ve kiliseye bir saldırı olarak görebilecek kişilerden gelecek bir ihtilaf tufanını başlatacağını sezmişti. 1857'de ondan bağımsız olarak benzer sonuçlara varan İngiliz

doğabilimci arkadaşı Alfred Russel Wallace'tan haberler almaya başlayınca, Darwin düşüncelerini yayımlaması gerektiğini anladı. Darwin ve Wallace'ın makaleleri, Temmuz 1858'de Londra Linnean Society'nin bir toplantısında, "Türlerin Çeşit Oluşturma Eğilimi Üzerine ve Çeşitlerin ve Türlerin Doğal Seçilim Yoluyla Devamı Üzerine" başlığıyla ortaklaşa sunuldu.

Ertesi yıl Darwin teoriyi *Türlerin Kökeni* kitabında yayımladı. Bu, Lamarck'ın başkalaşım fikirlerinden farklılık gösterdiği için bazı bilim insanlarını küstürdü ve Kitabı Mukaddes'in dar bir yorumuna zarar verdiğini öne süren yaratılışçıların keyfini kaçırdı. Kimileri türlerde geniş bir aralıkta görülen karakteristik özellikleri açıklamadığını düşündüler ve teori için "çarpık" ve "ilerici değil" dediler.

Darwin kendinden emindi. Bir türdeki bütün bireysel organizmaların bir derece doğal çeşitlilik gösterdiğini biliyordu; örneğin, bazılarının daha uzun bıyıkları, daha kısa bacakları ya da daha parlak renkleri vardır. Tüm türlerin üyeleri sınırlı kaynaklar için rekabet ettiğinden, çevreleriyle en fazla uyumlu özelliklere sahip olanların hayatta kalıp

> Bu kitapta sunulan görüşlerin bir kimsenin dinsel görüşlerini sarsması için hiçbir neden görmüyorum.
>
> **Charles Darwin**

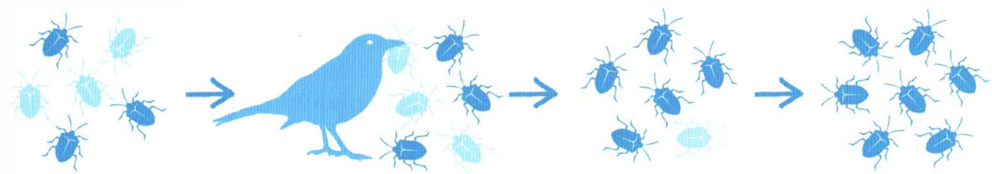
çoğalmalarının daha olası olduğu sonucunu çıkardı. Bireysel bir organizmanın daha uzun yaşamasına ve başarılı bir biçimde daha fazla üremesine yararı olan özelliklerin daha fazla yavruya geçeceğini, organizmayı daha başarısız yapanların kaybolacağını da savundu – belirli herhangi bir türün popülasyonunun daha iyi uyum sağlamasını ve tercih ettiği habitatta gelişmesini olanaklı kılan, kuşaklar boyu bir süreç.

Cinsel Seçilim

Darwin bir cinsel seçilim teorisi de geliştirdi. Teorinin ana hatları *Türlerin Kökeni*'nde çizildi, *İnsanın Türeyişi*'nde (1871) geliştirildi. Bu teori doğal seçilimden ayrıydı çünkü Darwin hayvanların basitçe hayatta kalmaya elverişli özelliklere dayanarak eş seçmediklerini kabul ediyordu. Örneğin Darwin, erkek tavuskuşunun görkemli ama hantal kuyruğunu düşündüğünde tek tek kuşların varlığını sürdürmesinde kuyruğun herhangi bir rol oynadığını farz etmedi. Bireyin üreme başarısı şansını artırmak için tasarlandıkları sonucuna vardı. Dişi tavuskuşları en parlak kuyruklu erkekleri seçer; bu nedenle bu gösterişli erkeklerin genetik malzemesi sonraki kuşağa geçer. Parlak kuyruk tüyleri kuşun sağlıklı olduğunu gösterir, dolayısıyla parlak kuyruklu bir eş seçmek, dişi tavuskuşu için iyi bir stratejidir. Ne var ki, Darwin'in dişilerin eş seçtiği fikri topa tutuldu; 19. yüzyıl toplumu, erkeklerin üreme için rekabet ettiğini (cinsiyet içi seçilim) kabul edebilirdi ama bir cinsin (genellikle dişi) seçim yaptığı cinsiyetlerarası seçilim alay konusu oldu.

Üreme başarısı, bir türün geleceği için kesinlikle gereklidir. Doğal seçilim çoğu kez "en uygun olanın hayatta kalması" olarak tarif edilir ama tek başına uzun ömür ille de işe yarar değildir. A bireyi, B bireyinden 10 kat daha uzun yaşar, ama

Doğal seçilim



Özelliklerde çeşitlilik vardır. Örneğin bazı böcekler açık renkli, bazıları koyudur.

Farklılıklar gösteren üreme vardır. Hiçbir çevre sınırsız nüfus artışını destekleyemez; bu yüzden bazı bireyler yok olur. Burada kuşlar açık renkli böcekleri yiyor, bu yüzden onlardan daha azı ürer.

Kalıtım vardır. Koyu renkli böceklerin daha çok koyu renkli yavruları olur çünkü bu özelliğin genetik bir temeli vardır.

Nihai sonuç: Koyuluk daha fazla yavruyla sonuçlanan, kazanan özellikse, zaman içinde tüm böcekler koyu olacaktır.



Erkek tavuskuşlarından en şahane kuyruğa sahip olan, çok sayıda dişi tavuskuşunu kendine çeker. Parlak kuyruğu onun erkek yavrusuna geçer ve o da aynı şekilde kolay eş bulur.

B daha sonra üreyecek olan iki kat fazla yavru yaparsa; B, bir sonraki kuşağa uzun ömürlü A'ya göre daha fazla gen aktaracaktır.

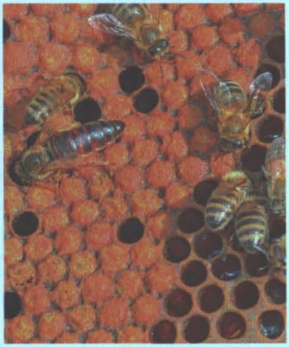
Teorinin geliştirilmesi

O sırada genetiğin işleyişi henüz anlaşılmamış olmasına rağmen, Darwin ve Wallace'ın fikirlerinin birçoğu dikkate değer ölçüde doğru çıktı. Darwin'in kendisi, henüz bilinmeyen kalıtım mekanizmasını tarif etmek için "genetik" terimini bir sıfat olarak kullanmış olsa da terimi bir bilimsel sürecin tarifinde ilk kez kullanan kişi, 20. yüzyıl başlarında İngiliz biyolog William Bateson oldu. 1930'da İngiliz genetikbilimci Ronald Fisher, Darwin'in doğal seçilim teorisini 19. yüzyıl Avusturyalı bilim insanı Gregor Mendel'in geliştirdiği kalıtım düşünceleriyle birleştiren *The Genetical Theory of Natural Selection*'ı (*Genetik Doğal Seçilim Teorisi*) yazdı. 1937'de Ukrayna kökenli Amerikalı genetikbilimci Theodosius Dobzhansky, düzenli olarak gerçekleşen genetik mutasyonların doğal seçilimi olanaklı

> Neden bazıları ölür, bazıları yaşar… yanıt, bütüne bakıldığında, açık bir biçimde, en uygun olanın yaşadığıdır.
> **Alfred Russel Wallace**

Akraba seçilimi

"Akraba seçilimi" terimini ilk kez İngiliz biyolog John Maynard Smith 1964'te kullandı. Bir organizmanın akrabalarının üreme başarısını destekleyen, bireyin kendi sağkalımından ve üremesinden çok akrabalara öncelik veren evrimsel stratejidir. Bir organizma, akrabalarına yararı dokunan fedakâr bir davranışta bulununca gerçekleşir. Charles Darwin üremeyi annelerine bırakan işçi balarıları gibi, üremeyen özgeci sosyal böceklerin sergilediği bariz paradoksu yazdığı zaman bu kavramı ilk tartışan kişiydi. İngiliz evrim biyoloğu William Donald Hamilton, arıların, örneğin iki arının genetik yakınlığı ve alıcıya olan yarar, özgeciliğin vericiye maliyetini aştığında özgeci davrandığını – üremede diğerlerine yardım ettiğini– öne sürdü. Buna "Hamilton Kuralı" denir.



Balarısı kolonilerinde dişi işçiarılar, kraliçearıya bakar. Bal peteğini inşa eder, nektar ve polen toplar, larvaları besler ama üremezler.



Albinizm, bu albino leopar kelerinde olduğu gibi, bir pigment yoksunluğuna neden olan bir mutasyondur. Bu mutasyon, keleri daha açık renkli ve ışığa duyarlı yaparak hayatta kalma şansını azaltır.

kılan genetik çeşitliliği –ve dolayısıyla farklı özellikleri– sağlamak için yeterli olduğu düşüncesini ortaya attı. Evrimin, gen havuzunda bulunan bir "alel"in sıklığındaki bir değişiklik olduğunu yazdı – alel, bir genin mutasyonla ortaya çıkan alternatif formlarından biridir.

Mutasyon, bir bireydeki bir geni oluşturan molekülün, deoksiribonükleik asidin (DNA) dizilişinde, türün diğer üyelerindekinden farklı bir dizilişle sonuçlanan kalıcı bir değişikliktir. Mutasyonlar hücre bölünmesi sırasında DNA'nın yanlış kopyalanmasının sonucu olarak gerçekleşebilir ya da Güneş'in morötesi ışımasından kaynaklanan hasar gibi çevresel faktörlerden kaynaklanabilir. Bir mutasyon yalnızca onu taşıyan bireysel organizmayı etkileyebilirken, başka bir mutasyon tüm yavrularını ve gelecek kuşakları etkileyebilir.

Kalıtımsal mutasyonlar bir bireyin fenotipini –fiziksel özelliklerini ve davranışını– değiştirebilir de değiştirmeyebilir de. Mutasyonlar fenotipi etkilerse bir organizmanın hayatta kalma ve başarılı bir şekilde üreme yeteneğine yardımcı ya da engel olarak, onun yararına veya zararına olabilir. Engel olurlarsa, popülasyondan kaybolmaları olasıdır; bir organizmanın çevresine daha iyi uyum sağlamasına yardımcı olurlarsa kuşaklar geçtikçe daha yaygınlaşırlar. Zamanla, ebeveyn popülasyondan, yeni bir türün evrimleşmesi için yeterince büyük sapmalar üretebilirler – türleşme adı verilen bir süreç.

> Büyük mutasyonların büyük çoğunluğu zararlıdır; küçük mutasyonlar hem çok daha sık gerçekleşir hem de yararlı olmaları daha olasıdır.
>
> **Ronald Fisher**

Mutasyon oranları genellikle çok düşüktür ama süreç hep vardır. Değişiklikler yararlı, etkisiz ya da zararlı olabilir. Bir organizmanın ihtiyaçlarına yanıt olarak gerçekleşmezler; bu bakımdan rasgeledirler. Bununla birlikte, bazı mutasyon tipleri diğerlerinden daha sık gerçekleşir. Örneğin, bugün bilim insanları, sık mutasyonlarından ötürü bakterilerde evrimin çok hızlı gerçekleştiğini biliyorlar.

Farklı evrim hızları

Yeryüzündeki tüm yaşamın ataları çok basit organizmalardı. Son bilimsel araştırmalar –erken yaşam formlarından oluşan– en eski "biyojenik" kayaçların yaklaşık dört milyar yıl önceye dayandığını gösteriyor. Bu süre içinde oldukça karmaşık yaşam formları evrimleşti ve bugünkü türlere daha çok benzeyen türlerin daha sonraki fosilleri olup bitenleri açığa vurmaktadır. Örneğin fosil bir kalıntı, atın atalarını 60 milyon yıl geriye götürüyor.

> Evrim ışığı altından bakıldığında biyoloji, herhalde, entelektüel bakımdan en doyurucu ve ilham verici bilimdir.
>
> **Theodosius Dobzhansky**

Bu ataların en eskisi, her ayağında birden çok parmağı olan ve ormanda yaşayan köpek büyüklüğünde bir hayvandı. Evrim, yırtıcılardan (predatör) daha hızlı koşmak zorunda oldukları açık çayırlarda yaşama uyarlanmış, her bir ayağında tek bir toynağı olan çok daha büyük atlar üretti.

Biberli güveler (*biston betularia*), daha kısa bir zaman dilimindeki değişimi ortaya koyuyor. Güveler genellikle soluk renklidir; bu, huş ağacı kabukları arasında kamuflaj sağlar ama bir mutasyon bazı siyah güveler üretir. 19. yüzyıldan önce biberli güvelerin çok büyük çoğunluğu soluk renkliydi. Ne var ki, Sanayi Devrimi sırasında (1760-1840) dumanlı hava İngiliz kentlerinin ağaçları ve binaları üzerinde is birikintileri bıraktı ve siyah form daha yaygınlaşmaya başladı. 1895'te İngiltere kentlerindeki biberli güvelerin yüzde 95'i siyahtı; renkleri kamuflaj sağlamadığı için soluk renkli güveler kuşlar tarafından yenilmişti. İngiltere kentlerinde is yoğunluğunun azalmasıyla birlikte soluk renkli güveler tekrar yaygınlaştığı için, bu fenomen, bugün Darwin'in teorisinin eylem halinde bir örneği işlevi görmeye devam ediyor. ■

Bir türün içindeki **bireyler karakteristik bir özelliğin çeşitli biçimlerine** sahiptir.

↓

Çevreye en uygun karakteristik özelliğe sahip **bireylerin hayatta kalması ve üremesi** daha olasıdır.

↓

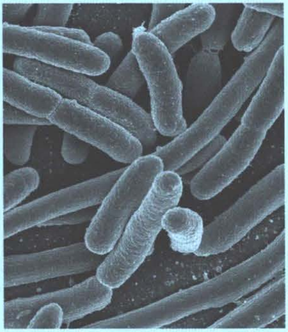
Bu karakteristik özellikler bir sonraki kuşağa geçer.



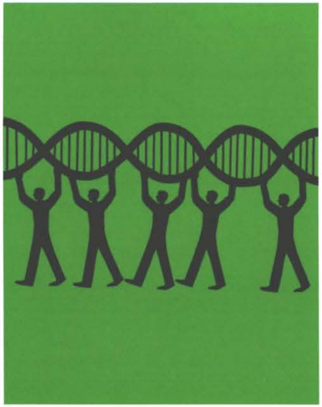
İki farklı biberli güve, iş başındaki evrimi gösteriyor; alttaki, endüstriyel melanizmin bir örneğidir. Koyu renkli olanlar, 1800'lerin başında İngiliz kentlerinde görülmeye başladı.

Gerçek zamanlı evrim

Michigan Eyalet Üniversitesinde profesör olan Richard Lenski, 1988'de Uzun Süreli Deneysel Evrim projesini başlattı. 25 yıldan fazla bir süre *E. coli* bakterisinin 59.000 kuşağını inceledi. Bu süre içinde türün, içinde yaşadığı glikoz çözeltiyi daha verimli kullandığını, büyüklüğünün arttığını ve daha hızlı büyüdüğünü gözlemledi. Ayrıca çözelti içinde sitrat denilen ve ebeveyn bakterinin kullanamadığı bir bileşiği kullanabilen yeni bir tür evrimleşmişti. Evrimleşen bakteriler insanlara potansiyel bir tehdit oluşturabilir. Artan antibiyotik kullanımı hastalık yapan bakterilerin çoğunu öldürebilir, ama ilaçlara karşı direnç kazandıran mutasyonlara sahip olanları öldüremez. Dirençsiz bakteriler ölüp yok olurken dirençli suşlar daha baskın olur, çoğalır ve mutasyonlarını gelecek kuşaklara akratır. Bu, iş başındaki doğal seçilimdir.



Escherichia (E.) coli bakterisi, *E. coli*'nin ilaca dirençli suşları çoğaldığı için, tedavi edilmesi giderek daha da zorlaşan ciddi bağırsak enfeksiyonlarına neden olabilir.



İNSANLAR, NİHAYETİNDE GENLER İÇİN TAŞIYICIDAN BAŞKA BİR ŞEY DEĞİLDİR

KALITIMIN KURALLARI

KISACA

ÖNEMLİ ÇEVREBİLİMCİ
Gregor Mendel (1822–84)

ÖNCE
1802 Fransız biyolog Jean-Baptiste Lamarck, bir organizmanın ömrü boyunca edindiği özelliklerin yavrularına aktarıldığını öne sürer.

1859 Charles Darwin *Türlerin Kökeni* kitabında kendi evrim ve doğal seçilim teorisini ileri sürer.

SONRA
1869 İsviçreli kimyacı Friedrich Miescher "nüklein" adını verdiği DNA'yı tanımlar.

1953 Moleküler biyologlar – Britanyalı Francis Crick ve Amerikalı James Watson dahil– DNA'nın yapısını keşfeder.

2000'ler Epigenetik alanındaki araştırmacılar kalıtımı genlerin DNA dizilişleri dışındaki mekanizmalarla tarif eder.

Bilim insanları genetik kodu kırmadan çok önce, 1866'da Gregor Mendel adında Avusturyalı bir keşiş, özelliklerin kuşaklar boyunca nasıl aktarıldığını gösteren ilk kişi oldu. Çok titiz araştırmalarla Mendel, kalıtımın temel yasalarını doğru bir biçimde öngördü.

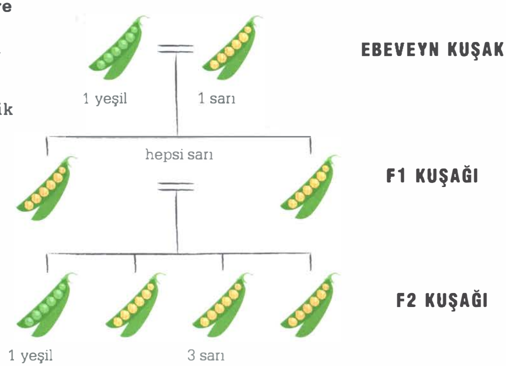
Mendel deneylerine başladığı sırada bilim insanları bitkilerde ve hayvanlarda görülen çeşitli özelliklerin bir "harmanlama" süreciyle aktarıldığına inanıyordu. Ama Mendel, manastırın bahçesinde çalışırken durumun öyle olmadığını fark etti. Her zaman yeşil bezelye veren bir bitkiyi her zaman sarı bezelye veren bir bitkiyle çapraz şekilde polenleyince, sonuç sarımsı-yeşil bezelye olmadı – onun yerine tüm bezelyeler sarıydı.

Mendel'in çabaları

Araştırmaları sırasında (1856-63) Mendel, birkaç kuşak boyunca yaklaşık 30.000 bezelye bitkisi yetiştirdi ve sonuçları özenle kaydetti. Yalnızca iki ayrı biçimi –örneğin beyaz ya da mor çiçek– olan özellik-

Mendel'in bezelye deneyi

Mendel'in bezelye yetiştirme deneyi, sarı rengi taşıyan gen baskın genken yeşil genin çekinik olduğunu kanıtladı.



Ayrıca bkz: İlk evrim teorileri 20–21 ▪ Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ DNA'nın rolü 34–37 ▪ Bencil gen 38–39

> Kalıtım, kendi makinesinin modifikasyonunu sağlar.
>
> **James Mark Baldwin**
> ***Amerikalı psikolog***

ları (fenotipler) odaklandı. Mendel, sarı ya da yeşil bezelyelerin özelliğini incelerken yeşil bezelye bitkisini alıp sarı bezelye bitkisinin polenleriyle çiftleştirdi. Bu ebeveyn kuşaktan çıkan bezelyelerin tümü sarıydı ve Mendel buna F1 kuşağı adını verdi. Sonra F1 kuşağından bezelye bitkilerini birbiriyle çiftleştirdi. Üretilen bezelyelerden bazılarının sarı bazılarının yeşil olduğunu gördü. F1 kuşağı yalnızca bir özellik (sarı) gösterdi ve Mendel buna "baskın" dedi. Ama F2 kuşağındakilerin yüzde 75'i baskın sarı özelliğine sahipken, yüzde 25 baskın olmayan –ya da "çekinik"– yeşil özelliği sergiledi.

Kalıtım yasaları

Mendel her bezelye bitkisinin her bir özelliği kontrol eden iki faktöre sahip olduğu teorisini geliştirdi. Bitkiler çapraz polenlenince her bir bitkiden bir faktör miras alınır. Bir faktör baskın ya da çekinik olabilir. Her iki kalıtımsal faktör baskın olduğunda sonuçta ortaya çıkan bitki baskın özelliği gösterecektir. Bir çift çekinik faktörlü bitki çekinik özelliği gösterecektir. Ne var ki, bir baskın ve bir çekinik faktör mevcutsa bitki baskın özelliği gösterecektir.

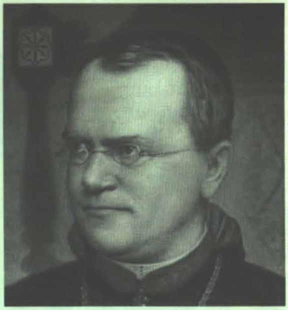
Öncü genetikbilimci

Mendel makalesini 1866'da yayımladı ama botanikçiler Hugo de Vries, Carl Erich Correns ve Erich Tschermak von Seysenegg 1900'de yeniden keşfedene kadar kimse fazla dikkate almadı. Bilim insanları daha sonra Mendel'in teorilerini kanıtlamaya başladı.

Yalnızca on yıl içinde bilim insanları faktör çiftine "gen" adını verdi ve kromozomlara bağlı olduklarını gösterdiler. Bugün kalıtımın Mendel'in kabul ettiğinden çok daha karmaşık olduğu biliniyor ama titiz araştırmaları modern incelemelerin temelini oluşturmaya devam ediyor. ▪



Bezelye bitkileri, Mendel'in, özelliklerin bir kuşaktan diğerine aktarılmasını açıklayan teorilerini geliştirmek için kullandığı hammaddeyi sağladı.



Gregor Johann Mendel

1822'de Silezya'da –o sırada Avusturya İmparatorluğunun bir parçası, şimdi Çekya'da– bir çiftlikte doğan Johann Mendel, Olomouc Üniversitesinde felsefe ve fizik okudu (1840-43). O sırada, bitkilerde ve hayvanlardaki kalıtımsal özellikleri araştıran Johann Karl Nestler'in çalışmalarına ilgi duydu. 1847'de Mendel bir manastıra girdi ve orada Gregor adını aldı. Ardından Viyana Üniversitesinde bilim okudu (1851-53).

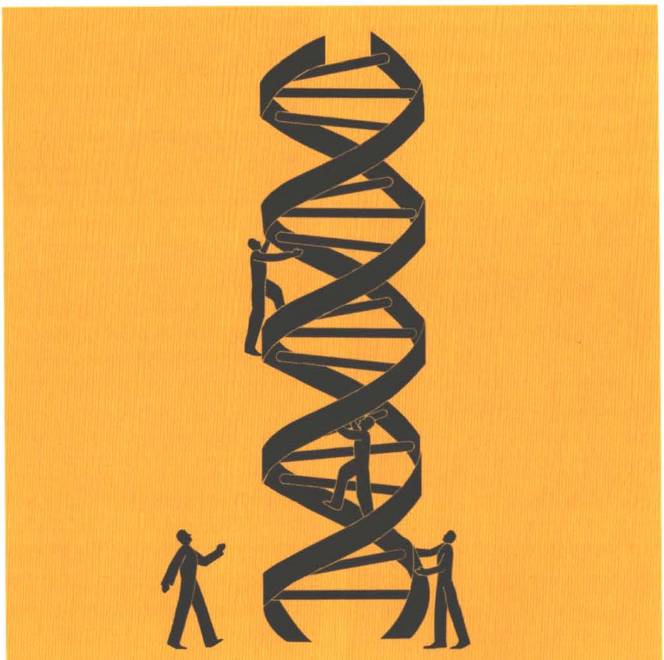
Mendel 1853'te manastırına geri dönünce başkeşiş Cyril Napp çaprazlama araştırmaları için bahçeyi kullanmasına izin verdi. Mendel'in kendisi 1868'de başkeşiş oldu ve deney yapmaya zamanı kalmadı. Hayattayken keşifleri takdir edilmemesine rağmen, bugün modern genetiğin kurucusu sayılmaktadır.

Önemli eserleri

1866 *"Experiments with Plant Hybrids"* [Bitki Melezleriyle Deneyler], *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn*

YAŞAMIN SIRRINI KEŞFETTİK

DNA'NIN ROLÜ



KISACA

ÖNEMLİ İSİMLER
Francis Crick (1916–2004), **Rosalind Franklin** (1920–58), **James Watson** (1928–), **Maurice Wilkins** (1916–2004)

ÖNCE
1910–29 ABD'li biyokimyacı Phoebus Levene, DNA'nın kimyasal bileşenlerini açıklar. .

1944 ABD'li araştırmacılar Oswald Avery, Colin Macleod ve Maclyn McCarty, DNA'nın kalıtımı belirlediğini gösterir.

SONRA
1990 Embriyolog Ian Wilmut'un öncülüğündeki İngiliz araştırmacılar yetişkin bir memeliyi –Dolly adlı bir koyun– başarıyla klonlar.

2003 Bilim insanları tüm insan genomunun haritalamasını tamamlar.

DNA'nın (deoksiribonükleik asit) yapısının 1953'te keşfedilmesi o güne kadarkı en önemli bilimsel atılımlardan biridir. Yaşamın yapıtaşlarını anlamanın anahtarını sundu ve genetik bilginin nasıl saklandığını ve aktarıldığını açıkladı. İngiliz Francis Crick ve Amerikalı James Watson ortak keşiflerini Cambridge'deki yerel barlarında gösterişten uzak bir şekilde kutladı; bunu Nature dergisinde yayımlanan bir mektup izledi. Keşiflerinin, bilimsel ilerlemeler için muazzam bir potansiyeli vardı ve tıptan adli tıp bilimine, taksonomiye ve tarıma kadar birçok araştırma alanında önemli bir etki yarattı. Genetik malzemeyi ele alma yöntemleri ilerledikçe ve tek tek genlerin nasıl çalıştığını daha fazla öğrendikçe

Ayrıca bkz: İlk evrim teorileri 20–21 ▪ Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Kalıtımın kuralları 32–33 ▪ Bencil gen 38–39 ▪ Doğanın tüm organizmalarını tanımlamak için bir sistem 86–87 ▪ Biyolojik tür kavramı 88–89



Moleküler biyologlar James Watson (solda) ve Francis Crick (sağda), 1953'te çift sarmal DNA modelleriyle birlikte. Watson, DNA'yı "tüm doğadaki en ilginç molekül" olarak adlandırdı.

çalışmalarının ayrıntıları bugün hâlâ yankılanmaya devam ediyor.

Crick ve Watson'ın atılımı, Rosalind Franklin ve Maurice Wilkins gibi sayısız bilim insanının onyıllarca süren araştırmalarının doruk noktasıydı. Crick ve Watson Londra'daki King's College'da DNA bileşenlerinin birbirine nasıl geçtiğini anlamak için üçboyutlu modellerle çalışırken Franklin ve Wilkins, DNA'nın yapısını görmek için DNA'nın röntgenini çekme yöntemlerini geliştiriyordu. Watson, Crick ile birlikte atılımlarını duyurmadan kısa süre önce Franklin'in çalışmalarının, DNA'nın sarmal şeklinin ipuçlarını veren örneklerini görmüştü.

1962'de Crick, Watson ve Wilkins'e fizyoloji ve tıp dalında Nobel Ödülü verildi. 1958'de ölen Franklin, yaşarken bu keşifteki rolünden ötürü takdir edilmedi ama Crick ve Watson kendi başarılarında onun çalışmalarının çok önemli rol oynadığını açıkça ifade ettiler.

Çift sarmal yapı

DNA, bükülmüş bir merdiveni andırmak üzere, çift sarmal olarak bilinen bir şekilde birbirinin etrafını dolanan, iki uzun, ince iplikle karakterize bir moleküldür. Merdiven benzetmesini kullanırsak, merdivenin kenarları deoksiriboz (bir şeker) ve fosfattan oluşurken merdivenin basamakları ise adenin (A), guanin (G), sitozin (C) ve timinden (T) içeren azotlu baz çiftlerinden oluşur. A, her zaman T ile eşleşip AT baz çiftini ve G, her zaman C ile eşleşip GC baz çiftini oluşturur.

> DNA bir bilgisayar programı gibidir ama şimdiye kadar yaratılmış herhangi bir yazılımdan çok daha ileridir.
> **Bill Gates**

DNA yaşamın şablonudur. DNA zinciri boyunca baz dizileri bir organizmanın tam biçimini ve fizyolojisini belirleyen bilgiyi sağlayan genleri oluşturur. Bir baz üçlüsü kodon olarak bilinir ve her kodon, 20 aminoasitten birinin yapımını belirler; aminoasitlerin bir zincirde bir araya gelme sırası meydana getirecekleri protein tipini belirler. Örneğin GGA

Genetik mühendisliği

DNA'nın yapısını anlamak, bilim insanlarının hücrelerdeki genetik malzemeyi değiştirmelerini ya da "mühendisliğini yapma"larını olanaklı kıldı. Bir organizmadan (verici) bir geni alıp başka bir organizmanın DNA'sına yerleştirmek olanaklıdır. 1970'lerde bu uygulamaya ilk kez kalkışıldığında hem zordu hem çok zaman alıyordu; ama teknolojik ilerlemeler –özellikle yararlı olan Düzenli Aralıklarla Kümelenmiş Kısa Palindromik Tekrarlar ya da CRISPR gibi– süreci büyük ölçüde basitleştirdi ve hızlandırdı. Genetikbilimciler bugün teorik olarak herhangi bir genle başka bir geni uçlarından birbirine ekleyebilir. Keçiler protein bakımından zengin süt üretebilsin diye örümcek ipeği yapan geni keçi DNA'sına ekleme gibi, ilginç kombinasyonlar oluşturmaya girişmiş bulunuyorlar. Genlerin değiştirilmesiyle üretilebilen diğer maddeler arasında hormonlar ve aşılar da vardır.

Gen tedavisinde, kusurlu ya da istenmeyen bir genin yerini alacak bir geni bir organizmanın DNA'sına taşımak için genetiği değiştirilmiş bir vektör (çoğu kez bir virüs) kullanılır.

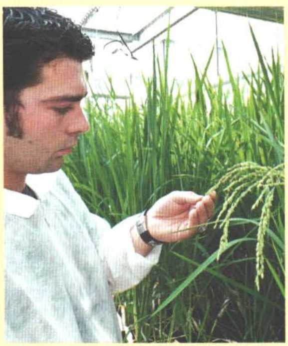


Bir bilim insanı bir DNA örneğini analiz ediyor. Tıpta genetik manipülasyon standart bir uygulamadır ve DNA profilini çıkarma, yaşamsal bir adli tıp aracıdır.

Genetiği değiştirilmiş gıda

Tarımda ürünler onları bir şekilde geliştirmek için düzenlenebilir. Genetiği değiştirilmiş ürün, genetiği değiştirilmiş organizma (GDO) olarak bilinir. Bu sektörde çalışan şirketler, belirli bir besin maddesini ya da belli bir zararlı haşereye özgü bir toksini daha fazla üretmesi için bir bitkinin DNA'sını değiştirebilir. Kullanılan kimyasalın ürünleri değil, yalnızca zararlı otları öldürmesi için, bir bitkinin DNA'sı belli bir herbisite (zararlı otları öldüren ilaç) dirençli hale gelecek şeklide değiştirilebilir.

Bazı çevrebilimciler, GDO'ların genetiği değiştirilmemiş bitkilere bulaşma riski olduğunu öne sürmektedir. Bu tür gıdaları yemenin uzun vadeli etkilerinin henüz yeterince anlaşılmadığına da dikkat çekiyorlar. Bir başka endişeyse, büyük kimyasal tarım şirketlerinin gelecekte, ürettikleri GDO'ların patentini alarak dünyanın gıda arzını yoksul ülkelerin zararına olacak şekilde kontrol edebilecek olmaları.



Genetik modifikasyonla yeni pirinç çeşitleri geliştiriliyor. Bu, ürünün besin değerini ya da hastalıklara direncini iyileştirebilir.

kombinasyonu, glisin kodonudur. Dört baz çiftinden altmış dört olası kodon meydana getirilebilir ve bunların 61'i belirli bir aminoasidin kodudur. Diğer üçü, bilginin hücresel mekanizma tarafından okunmasını idare eden "başla" ve "dur" gibi sinyaller şeklinde işlev görür. DNA ayrıca insan hücresinde 23 çift bulunan ayrı kromozomlar halinde de düzenlenmiştir.

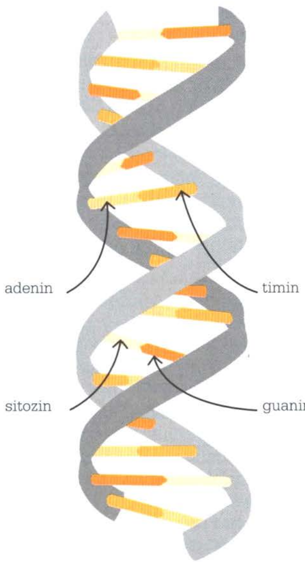
Kodu kopyalama

Hücreler bölündüğünde DNA'nın kopyalanması gerekir. Kopyalama, baz çiftlerinin ayrılmasıyla gerçekleştirilir; merdiven yukarıdan aşağı doğru ortadan kesilip iki tek zincir yapılır. Bunlar her birinde uygun baz çiftleriyle eşleşerek ikinci bir tamamlayıcı DNA zinciri üretimi için şablon işlevi görür. Süreç, ilkiyle birebir aynı olan bütün DNA'nın iki zinciriyle sonuçlanır.

DNA hücrenin çekirdeğinde kaldığı için, mesajcı ribonükleik asit (mRNA) denilen benzer bir molekül DNA kodlama dizisinin bölümlerini kopyalar ve bilgiyi hücrenin, yeni proteinlerin yapıldığı bölgelerine taşır. RNA kimyasal olarak DNA ile benzerdir ama timin (T) bazının yerini, daha az istikrarlı olan ama yapımı daha az enerji gerektiren urasil (U) bazı alır. Kararlı canlı organizmalar DNA genomlarına sahip olmaktan fayda sağlar ama RNA kararlılığın daha az avantajlı olduğu bazı virüslerin genomlarını oluşturur.

DNA amiplerden böceklere, ağaçlara, kaplanlara ve insanlara kadar yeryüzündeki tüm canlılarda bulunur. Elbette baz çiftlerinin dizilişi değişir ve bu farklılık genetikbilimcilerin farklı türler arasındaki ilişkilerin izini sürmelerine olanak verir.

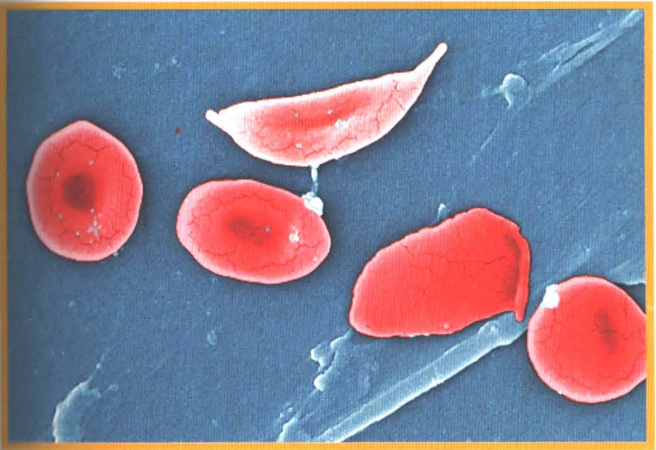
DNA'nın yapısı



Bir DNA molekülü şekerlerden ve fosfatlardan oluşan, baz nükleotid çiftleriyle (adenin ve timin ya da sitozin ve guanin) bağlanan iki zincirin oluşturduğu bir çift sarmaldan meydana gelir.

İyi ve kötü hatalar

DNA oldukça kararlı bir moleküldür ama bazen mutasyon olarak bilinen hatalar meydana gelir. Bunlar A, C, G ve T nükleotidlerinin düzeninde bir ikilenme ya da atlama gibi bir hata biçiminde olabilir. Mutasyon kendiliğinden olabilir –DNA kopyalırken gerçekleşen hataların sonucu– ya da radyasyona, kanser yapan kimyasallara maruz kalmak gibi dış etkilerden kaynaklanabilir. Bazı mutasyonların hiçbir etkisi yoktur ama bazıları genin ürettiği şeyi değiştirebilir ya da bir genin işleyişini baskılayabilir. Bu durum, bir bütün olarak organizmada sorunlara yol açabilir. Gen mutasyonlarının neden olduğu bozukluk örnekleri arasında kistik fibrozis ve orak hücreli anemi de vardır.



Orak hücreli anemide –her iki ebeveyn kusurlu gen taşıdığında aktarılan genetik bir bozukluk– mutasyona uğramış kan hücreleri oluşur. Durum acı verici olabilir ve ciddi enfeksiyon riski artar.

Pek çok mutasyon zararlı olsa da bazen bir mutasyon bir bireye, çevresinde aynı türün diğer üyelerinden daha başarılı bir şekilde hayatta kalmasını olanaklı kılan bir avantaj sağlar. Mutasyonun bu tipi, doğal seçilim süreciyle sonraki kuşaklara aktarılmayla sonuçlanabilir. Birçok kuşak boyunca mutasyon bir çeşitlenme, en uygunun hayatta kalması ve nihayetinde evrim mekanizmasıdır.

İnsan genomu

14 Nisan 2003'te bilim insanları, tüm insan genomunun haritasını çıkarma (dizme) işini tamamladı. Genetikbilimciler, tahmini 30.000 tekil gen içeren üç milyar baz nükleotidden oluşan bir zincirde tüm baz çiftlerinin tam konumunu ortaya çıkardı. Bu, genetikbilimcilerin yeni genleri ve organizmalarda oynadıkları rolü saptamalarına olanak sağladı.

Bu bilgiyle donatılmış bir birey, bir ebeveynden kusurlu bir gen mirası alırsa fark edebilir. Ayrıca bu tür verilere ulaşınca bilinen genetik bozukluklar için embriyolar rahme girmeden önce tarama yapmak olanaklıdır. Mart 2018'de 15.000 civarında organizmanın DNA'sı dizilmişti. Böyle bir bilgi, evrim çizgisinde hangi hayvanların akraba olduğunu ve nasıl çeşitlendiklerini göstermeye yardımcı olabilir.

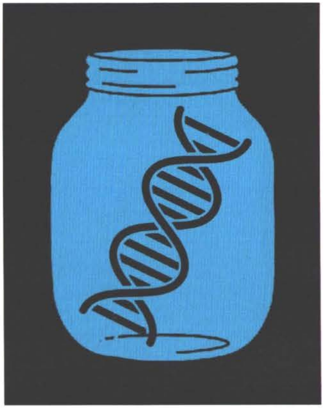
DNA'nın düzeninin ve yapısının keşfedilmesi, kalıtım bilimini kökten değiştirmiş olsa da proteinleri kodlamak için kullanılan DNA bölgelerinin, tüm insan genomunun yalnızca yüzde 2'sini oluşturduğunu belirtmekte fayda var. Kalan yüzde 98'in doğası genetikbilimciler tarafından henüz tam olarak anlaşılmış değil, ama bu bölgelerin en azından bir kısmının genlerin ifade edilme ya da aktifleşme şeklinin düzenlenmesiyle ilgili olduğuna inanılıyor. Öyle görünüyor ki, daha pek çok keşif geleceğin genetikbilimcilerini bekliyor. ■

DNA barkodu

DNA barkodlama fikri ilk kez 2003 yılında, türlerin saptanmasının, DNA'larının ortak bir bölümünün analiz edilmesiyle olanaklı olacağı Kanada, Guelph Üniversitesinden bir ekip tarafından önerildiğinde ortaya atıldı. Dr. Paul Hebert'in öncülük ettiği araştırmacılar, 648 baz çiftinden oluşan ve sitokrom oksidaz 1 ("CO1") olarak bilinen gende bir bölgeyi seçti. Bu bölgenin analizi hızlı olur ama dizi, hayvan türleri içinde ve arasında ayrım yapabilmek için yine de yeteri kadar uzundur. Diğer yaşam formları içinse farklı gen bölümleri kullanılabilir.

Barkodlama sisteminin ilk bölümü, bilinen türlerin örneklerini kataloglamayı gerektirir. DNA alınır ve bir baz çiftleri dizisi şeklinde düzenlenir – "dizileme" olarak bilinen bir süreç. Sonra dizi bir bilgisayar veri tabanında saklanır; böylece bilinmeyen bir türden bir DNA örneği dizilince ve veri tabanına girince bilgisayar onu var olan kayıtlarla eşleştirecektir. Barkodlama tekniğinin, hayvanları ve bitkileri sınıflandırmaya yarayan taksonomi için yararlı olduğu anlaşılmış durumda.

> Genetik mühendisliğiyle birlikte ... insan soyunu iyileştirebiliriz
> **Stephen Hawking**



GENLER BENCİL MOLEKÜLLERDİR

BENCİL GEN

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Richard Dawkins (1941–)

ÖNCE
1963 İngiliz biyolog William Donald Hamilton *The Evolution of Altruistic Behavior*'da genin "bencil çıkarları"nı yazar.

1966 Amerikalı biyolog George C. Williams *Adaptation and Natural* kitabında özgeciliğin gen düzeyinde gerçekleşen bir seçilimin sonucu olduğunu öne sürer.

SONRA
1982 Richard Dawkins *Genişlemiş Fenotip*'te bir organizmaya ilişkin incelemenin, genlerinin etrafındaki çevreyi nasıl etkilediğinin analiz edilmesini de içermesi gerektiğini savunur.

2002 Stephen Jay Gould, klasik Darwinciliğin düşüncelerini yeniden ele alıp incelikli hale getiren *The Structure of Evolutionary Theory*'de Dawkins'in teorisini eleştirir.

"Bencil gen" kavramını, İngiliz evrimsel biyolog Richard Dawkins 1976 tarihli kitabı Gen Bencildir'de popülerleştirdi. Dawkins evrimin esas olarak belirli bir genin farklı formlarının diğerleri pahasına hayatta kalmasına dayandığını ifade eder. Hayatta kalan formlar, yayılmalarını başarıyla destekleyen vücut tiplerinden ve davranışlardan (fenotipik özellikler) sorumlu olanlardır. Bu teoriyi destekleyenler, kalıtımla aktarılabilen bilgi DNA'nın genetik malzemesi tarafından kuşaklara aktarıldığı için hem doğal seçilimi hem evrimi genlerin perspektifinden irdelemenin en iyisi olduğunu savunuyorlar.

Doğal seçilim bireyin değil, genin hayatta kalması için çalışır.

Erkek karadul örümcekleri, dişiler hemen sonra **onları yemesine** rağmen çiftleşir.

Yaklaşan yırtıcılar hakkında **diğerlerini uyaran** hayvanlar **daha geniş grup adına kendilerini feda eder.**

Arı kolonilerinde **üremeyen arılar, topluluğun hayatta kalmasına yardım** eder.

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Kalıtımın kuralları 32–33 ▪ DNA'nın rolü 34–37 ▪ Mutualizmler 56–59



Erkek bir karadul örümceği, çiftleşmek için büyük bir dişiye yavaşça yaklaşır. Gen kaynaklı bu hareket, erkeğin genlerini üretir ama ölmesine yol açar.

Dawkins, William Donald Hamilton'ın özgeciliğin doğası üzerine olan çalışmalarından çok etkilendi ve Gen Bencildir'de bencilliğin ve özgeciliğin biyolojisini inceledi. Ona göre organizmalar, genlerini ya da "çoğaltıcılarını" destekleyen taşıtlardan başka bir şey değildi. Bir organizmanın hayatta kalmasına ve üremesine yardım eden genler aynı zamanda o genlerin kendi çoğalma şansını iyileştirme eğilimindedir de.

Başarılı genler konakçı organizmaya çoğu kez bir yarar sağlar. Örneğin, bir hayvanı ya da bitkiyi hastalığa karşı koruyan bir gen böylece o belirli genin yayılmasına yardım eder. Bununla birlikte, çoğaltıcı ile taşıyıcının çıkarları bazen çatışma içinde gibi görünür. Genler erkek karadul örümceğini, dişi tarafından yenilme riskine rağmen çiftleşmeye iter. Ama erkeğin fedakârlığı dişiyi besler ve kendi genlerinin aktarılma ihtimalini güçlendirir.

Bencillik ve özgecilik

Gen bencilliği genellikle bireysel bir organizmanın davranışında bencilliğe neden olur, ama genin organizmada belirgin özgeciliği besleyerek bencil hedeflerine ulaşabileceği durumlar vardır. Bunun bir örneği, akraba seçilimidir – bireyin kendisinin hayatta kalması ya da üremesi pahasına da olsa, bireysel organizmanın akrabalarının üreme başarısını destekleyen evrim stratejisi.

Genetiğe dayalı özgeciliğin uç bir örneği tam sosyal yaşamdır. Balarıları tam bir sosyal türdür. Üreyen ve üremeyen bireyleri içeren kolonilerde yaşarlar. Üremeyen binlerce işçiarı koloninin hayatta kalmasına yardım ederek, üreyen tek birey kraliçearıyla ortak sahip oldukları genlerin üremesini sağlar.

Dawkins'in teorisini eleştirenlere göre, bireysel genlerin, davranışı kontrol etmediği için bencil davrandıkları söylenemez. Dawkins genlerin bilinçli iradeye sahip olduklarını öne sürme eğiliminde olmadığını savundu. Daha sonra hem kavramı hem kitabı için "ölümsüz gen" ifadesinin daha iyi bir başlık olabileceğini yazdı.. ▪

> Evrim teorisi Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğüne ilişkin teori kadar kuşkuya açıktır.
> **Richard Dawkins**



Richard Dawkins

Richard Dawkins, Kenya'da İngiliz bir ailede dünyaya geldi. Aile İngiltere'ye döndükten sonra doğal dünyaya çok güçlü bir ilgi duydu ve Oxford Üniversitesinde zooloji okudu. Oxford'dayken hayvan davranışları araştırmalarının öncülerinden Nobel Ödülü sahibi Niko Tinbergen'den ders aldı. Berkeley'de California Üniversitesinde kısa bir süre kaldıktan sonra Oxford'a geri dönüp zooloji dersleri verdi.

Richard Dawkins, *Gen Bencildir* kitabıyla tanınır; bu kitapta, evrimde temel seçilim biriminin gen olduğunu savunur. Teorisi, Stephen Jay Gould ve diğer evrimsel biyologlarla bir dizi şiddetli tartışmayı tetikledi. Dawkins güçlü bir ateizm ve feminizm savunucusu olarak da tanınır.

Önemli eserleri

1976 *Gen Bencildir*
1982 *Genişlemiş Fenotip*
1986 *Kör Saatçi*
2006 *Tanrı Yanılgısı*
2009 *Yeryüzündeki En Büyük Gösteri*

EKOLOJ
SÜREÇL

İK

ER

1917

Joseph Grinnell California harmancıkuşu üzerine araştırmasını yayımlar, **ekolojik nişler** teorisinin temelini atar.

1925–26

Lotka-Volterra modeli av ile avcı arasındaki etkileşimleri açıklamak için matematiksel bir denklem kullanır.

1957

Robert MacArthur'un Kuzey Amerika ötleğenleri üzerine araştırması, farklı türlerin bir arada yaşamak için **birbirleriyle doğrudan rekabet etmekten nasıl kaçınabildiklerini** gösterir.

1961

Joseph Connell farklı midye tiplerinin, teorik olarak her gelgit kuşağında yaşayabilmelerine rağmen **farklı gelgit kuşaklarında büyüdüklerini** açığa çıkarır.

1965

Dan Janzen akasya ağaçları ile onların üzerinde yaşayan karıncaların birbirine bağımlı olduklarını gözlemler ve türlerin mutualist tarzda evrildikleri sonucuna varır.

1969

Robert Paine ekosistem işlevlerinde çok önemli bir rol oynayan türleri tarif etmek için **"kilittaşı tür"** terimini türetir.

MÖ 5. yüzyılda Yunan tarihçi Herodotos, yağmurkuşları dişleri arasındaki yiyecekleri toplasın diye timsahların ağızlarını açtığını yazmış. Ekolojik bir süreç –burada sürüngenler ile kuşlar arasında mutualist bir ilişki– hakkında yazan ilk kişi olabilir. Aristoteles ve Theophrastos, MÖ 4. yüzyılda hayvanlar ile çevreleri arasında daha fazla etkileşim gözlemledi.

Sonraki iki bin yılda doğal dünyaya ilişkin sayısız gözlem yapıldı ama çok küçük şeyleri, geceleri aktif olanları ya da sualtında yaşayanları gözlemleyememek, daha derin bir anlamayı ya da organizmaların birbirleriyle ve etraflarındaki dünyayla nasıl etkileştiklerini anlamayı engelledi. Ayrıca doğaya ilgi duyan çok az kişinin kendi yerel çevresinin ötesinde bir deneyimi vardı. Teknoloji ilerledikçe ve insanlar dünyayı dolaşmaya başlayınca Robert Hooke, Antonie van Leeuwenhoek, Carl Linnaeus, Alexander von Humboldt, Alfred Russel Wallace, Charles Darwin ve Johannes Warming gibi bilim insanları, ekolojik süreçlerin giderek daha fazla farkına vardı ve ekoloji biliminin temellerini attı – ekoloji terimini kullanmasalar da.

Matematiksel modeller

En temel ekolojik süreçlerden birinin hayatta kalma mücadelesi – otçullar için yiyecek bulma, yırtıcılar için av bulma ve av için yenilmekten kaçınma mücadelesi– olduğu uzun süredir biliniyordu. Yırtıcılar avı avlayıp yemek için ve av da yenilmekten kaçınmak için elinden gelen her şeyi yapar. 1910'da Alfred Lotka, ekolojiye uygulanan ilk matematiksel modellerden birini tanıttı. Şimdi Lotka-Volterra olarak bilinen modelin yırtıcı-av denklemleri bu iki grubun nüfus dalgalanmalarını öngörmeye yardımcı olur.

20. yüzyılın ilk yıllarında Joseph Grinnell, Amerika Birleşik Devletleri'nin batısındaki hayvanların habitat ihtiyaçlarına ilişkin kapsamlı bir araştırma yürüttü. Türlerin bir habitat içinde farklı nişlere sahip olduklarını ve iki türün yaklaşık olarak aynı besin ihtiyacı varsa, birinin diğerini "dışarıya iteceğini" gözlemledi. Darwin HMS Beagle'ın güvertesinde seyahat ederken bunu gözlemlemişti ama Grinnell'in aksiyomu düşünceyi daha da geliştirdi. 1934'te Georgy Gause laboratuvar projelerinde rekabetçi dışlama ilkesi dediği şeyi kanıtladı. 1959'da William E.

1970'ler
Roy Anderson ve **Robert May** salgın hastalıkların hayvan popülasyonunun büyüme oranlarını nasıl etkilediğini gösterir.

1972
Knut Schmidt-Nielsen, *How Animals Work*'ü yayımlar. Kitap ekofizyoloji alanını çok etkiler.

1977
Ronald Pulliam, Eric Charnov ve **Graham Pyke'ın** yayımladığı araştırma, hayvanların olabildiğince az enerji harcayarak kaynak toplamaya çalıştığını öne süren **optimal toplayıcılık** teorisini derinleştirir.

1991
Earl Werner yırtıcıların av üzerinde tüketici olmayan etkileriyle ilgili bulgularını yayımlar.

2002
Robert Sterner ve **James Elser** **ekolojik stokiyometri** –canlı organizmalarda farklı kimyasalların belli reaksiyonlarla birlikte değişme oranları– çalışmalarına öncülük eder.

Odum'un ifade ettiği gibi "bir organizmanın ekolojik nişi yalnızca nerede yaşadığına değil, ne yaptığına da bağlıdır."

Sahadan laboratuvara

Laboratuvar deneyleri ve saha gözlemleri, ekolojik süreçleri incelemeye veri sağlamanın ana yöntemleridir, ama saha deneyleri –bir hipotezi test etmek için yerel bir çevreyi manipüle etme– İskoçya'da Joe Connell'in midyelerle yaptığı çalışmaya kadar bilimsel bir titizlikle yürütülmedi. Onun deneyleri –sonuçları 1961'de yayımlandı– titizlikle planlandı, gözlemlendi ve tekrarlanabilirdi.

Connell saha çalışmasının "altın standardı"nı belirledi ama laboratuvar deneylerinin de hâlâ yaşamsal bir rolü vardır – 30 yıl sonra Earl Werner'in kanıtladığı gibi. Werner'in çalışmaları yırtıcı kızböceği larvalarının iribaş avlarının fiziksel gelişimi ve davranışı üzerinde tüketici olmayan etkisini açığa çıkardı.

20. yüzyılın ortasından itibaren ekolojik süreçlerle ilgili birçok yeni düşünce ortaya çıktı. Türler arasındaki rekabet üzerine Robert MacArthur ve diğerlerinin çalışmaları, hayvanların bazı şeyleri yemeyi, bazılarını yememeyi neden tercih ettiklerini açıklamaya çalışan optimal toplayıcılık teorisinin gelişmesine yol açtı. Daniel Janzen gibi biyologların araştırmalarıyla mutualist ilişkiler daha iyi anlaşıldı.

Yeni teknoloji

Teknolojik ilerlemeler –gelişmiş kimyasal örnek alma teknikleri, uzaktan algılama donanımına sahip uydular ve büyük miktarda veriyi hızla işleyebilen bilgisayarlar dahil– yeni araştırma alanları açtı. Robert Paine'in denizyıldızları ve midyelerle yaptığı çalışmalar, kilittaşı tür –ekosistemleri üzerinde orantısız bir etki yaratan tür– kavramını aydınlattı.

Örneğin ekolojik stokiyometri, ekosistemlerde ve besin ağlarında moleküler düzeyden yukarı doğru enerji ve kimyasal element akışını inceler. Ekolojideki birçok düşünce gibi bunun kökeni de uzun yıllar öncesine kadar izlenebilir ama bu fikir ancak Robert Sterner ve James Elser'in 2003 tarihli kitabı Ecological stoichiometry: The biology of elements from molecules to the biosphere ile birlikte tutuldu. Bunun gibi yeni teknolojiler, ekolojideki süreçlere ilişkin bilgimizi derinleştirmeye devam edecektir. ■

YAŞAM MÜCADELESİ ÜZERİNE MATEMATİKSEL TEORİDEN DERSLER

YIRTICI-AV DENKLEMLERİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Alfred J. Lotka (1880–1949), **Vito Volterra** (1860–1940)

ÖNCE
1798 İngiliz ekonomist Thomas Malthus popülasyonun büyüklüğü arttıkça popülasyonun değişme hızının arttığını gösterdi.

1871 Lewis Carroll'un romanı *Aynadan İçeri*'de Kırmızı Kraliçe, Alice'e "Aynı yerde kalmak için koşmalısın" der.

SONRA
1973 Amerikalı biyolog Leigh Van Valen yırtıcılar ile av arasında sürekli "silahlanma yarışı"nı tarif eden Kırmızı Kraliçe etkisini önerir.

1989 Arditi-Ginzburg denklemleri, yırtıcı ile av arasındaki oranın etkisini de dahil ederek yırtıcı-av dinamiğinin başka bir modelini sunar.

Biri **yırtıcı**, diğeri av, **iki türün** popülasyonu etkileşir.

↓

Avın **besine erişimi** vardır ve **popülasyon artışı üsteldir.**

↓

Av olan hayvanlar bir **yırtıcıyla karşılaşınca yenilirler.**

↓

Avı yemek daha **fazla yırtıcıyla** sonuçlanır.

↓

Daha fazla yırtıcı daha az avla sonuçlanır, yırtıcıların sayısı azalır.

Yırtıcı-av denklemleri, matematiğin biyolojiye uygulanmasının erken bir örneğidir. 1920'lerde Amerikalı matematikçi Alfred J. Lotka ile İtalyan matematikçi ve fizikçi Vito Volterra'nın formüle ettiği iki denklem –Lotka-Volterra denklemleri olarak da bilinir– yırtıcı bir türün popülasyonu ile onun avının popülasyonunun birbiriyle ilişkili olarak nasıl dalgalandığını açıklar.

Lotka, denklemleri 1910'da otokatilitik kimyasal tepkimelerin –kendi kendilerini düzenleyen kimyasal süreçler– hızını anlamanın bir yolu olarak önerdi. Sonraki on yılda denklemleri vahşi hayvanların popülasyon dinamiklerine uyguladı.

1926'da Vito Volterra aynı sonuçlara ulaştı. İtalyan deniz biyoloğu Umberto D'Ancona'yla tanıştıktan sonra konuya merak sarmıştı. D'Ancona, Adriyatik denizinde ağlara takılan yırtıcı balık oranının I. Dünya Savaşı sırasında nasıl büyük ölçüde arttığını Volterra'ya anlattı. Bu değişim savaş yıllarında balıkçılıktaki ciddi azalmayla açıkça bağlantılıydı ama D'Ancona daha

Vito Volterra



1860'ta İtalya, Ancona'da doğan, Yahudi bir kumaş tüccarının oğlu olan Vito Volterra yoksulluk içinde büyüdü. Buna rağmen 1883'te, daha 23 yaşındayken Pisa Üniversitesinde matematik profesörü oldu ve bir matematikçi olarak kariyerine başladı. Bunu Torino ve Roma üniversitelerinde profesörlük izledi. Volterra 1900'de evlendi ve altı çocuğu oldu ama yalnızca dördü hayatta kaldı. 1905'te İtalya Krallığının bir senatörü yapıldı ve I. Dünya Savaşında askeri uçakların geliştirilmesi üzerinde çalıştı. 1931'de Volterra, İtalya'nın faşist diktatörü Benito Mussolini'ye sadakat yemini etmeyi reddetti ve Roma Üniversitesinden atıldı. Yurtdışında çalışmak zorunda kaldı ve ancak 1940'ta, ölümünden kısa süre önce İtalya'ya döndü.

Önemli Eserleri

1926 "Fluctuations in the Abundance of a Species Considered Mathematically", *Nature*
1935 *Les associations biologiques au point de vue mathématique*

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Bencil gen 38–39 ▪ Ekolojik nişler 50–51 ▪ Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Mutualizmler 56–59 ▪ Kilittaşı türler 60–65 ▪ Optimal toplayıcılık teorisi 66–67



Bir çita bir Thomson ceylanını kovalıyor. Yırtıcı-av denklemleri her iki türün popülasyonunun birbirlerinin faaliyetlerine yanıt olarak nasıl değiştiğini modelleyebilir.

az balıkçılığın neden ağlarda her türden daha fazla balık üretmediğini açıklayamıyordu. Lotka'yla aynı denklemleri kullanan Volterra, sonunda hem yırtıcı hem av türündeki dalgalanmaları açıkladı.

Popülasyon ilkeleri

Lotka ve Volterra'nın kendi hesaplamalarını yaptığı sırada popülasyon dinamikleri bilimi henüz bebeklik evresindeydi; 18. yüzyılın sonunda İngiliz ekonomist Thomas Malthus'un nüfus incelemelerinden bu yana neredeyse hiç ilerlemedi. Malthus'un teorisine göre, hayatta kalmanın çevresel faktörleri sabit kaldığı sürece bir nüfus hızla artar ya da azalır ve nüfus arttıkça o nüfusun değişme hızı artar. Bu teoriden yola çıkan Malthus insanlık için felaket bir gelecek öngördü. İnsanların sayısı dünyanın ekilebilir arazilerinde üretilebilir besin miktarından daha hızlı artıyordu. Sonunda, Malthus'a göre, insan nüfusunun küresel bir kıtlık ve gerilemeye yenik düşeceği bir noktaya ulaşılacaktı.

Malthus'un kasvetli görüşü, tarımda teknolojik ilerlemeler ve yapay gübrelerin geliştirilmesi sayesinde gerçekleşmedi ama onun nüfus modeli ekosistemler içinde tür popülasyonlarına uygulanabilir hale geldi. Her habitatın ve kendi organizma topluluğu içinde bir türün işgal ettiği nişin bir taşıma kapasitesi vardır – su, mekân, besin ve ışık gibi, kullanılabilir kaynakların destekleyebildiği maksimum popülasyon. Bu düzeyin üstünde her popülasyon artışının doğal yolla gerçekleşen faktörlerce azaltılması olasıdır. Sonuç olarak, yabanıl popülasyonlar teorik olarak az çok durağan olur, yalnızca taşıma kapasitesi civarında dalgalanır – yıkıcı olayların rasgele etkilerinin göz ardı edildiğini varsayarsak.

Ne var ki, bu göreli denge her zaman gözlemlerle örtüşmüyordu – D'Ancona'nın yırtıcı deniz balıkları

> Bu yüzden, denklemlerimizin işaret ettiği koşullarda besin tür, yırtıcı tür tarafından ortadan kaldırılamaz.
> **Alfred J. Lotka**

> Doğa tarihinden yoksun matematik kısırdır ama matematiksiz doğa tarihi de karman çormandır.
>
> **John Maynard Smith**
> ***İngiliz matematikçi ve evrimci***

popülasyonunda ani bir artışa ilişkin anlatımında olduğu gibi. Bu uyuşmazlığı açıklamak için bir teori yırtıcı popülasyonunun, besin kaynağı (av olan tür gibi) popülasyonunun büyüklüğüyle ilişkili olduğu öncülünden yola çıktı. İlişki, bol besin bulunduğunda büyük bir yırtıcı popülasyonu olacağını gösterir. Artan yırtıcı popülasyonu sonra av miktarını azaltmaya başlar ve bu da yırtıcıların sayısında bir azalmaya yol açar. Her iki popülasyonun büyüklüğü yükselir ve düşer ama yırtıcıların ava oranı sabit kalır.

Böylesine dengeli bir teori yine de tür gözlemleriyle çelişir.

Volterra matematiksel modellemelerle yırtıcı ve av popülasyonlarının ortalama büyüklüğünün aslında dalgalı olduğunu, ama her bir popülasyonun artma ya da azalma hızının her zaman değiştiğini ve diğer popülasyonun yaşadığı değişikliklerle hiçbir zaman eşleşmediğini gösterebildi. Değişkenleri ortadan kaldırmak için Volterra bir dizi varsayımda bulundu: Birincisi, av türü ile yırtıcı türün üreme sınırı yoktur ve bir popülasyondaki değişim hızı, büyüklüğüyle orantılıdır; ikincisi, av popülasyonu – otçul olduğu varsayılır– hayatta kalmak için yeterli besini her zaman bulabilir. Sonra yırtıcıların tek beslenme kaynağının av popülasyonu olduğu ve yırtıcıların hiçbir zaman tok olmadığı ve hiçbir zaman avlanmayı bırakmadığı varsayıldı. Son olarak, hava durumu ya da doğal afet gibi çevresel koşulların süreci etkilemediği varsayıldı. Yırtıcı ve av hayvanlarının genetik çeşitliliğinin hayatta kalma yetenekleri üzerindeki etkisi hesaba katılmadı.

Bir grafikle gösterilince, yırtıcı popülasyonu av popülasyonunun yükselişini ve düşüşünü izler ve av popülasyonu gerilemeye başlarken yükselmeye devam eder. Bu, balıkçılıktaki azalmayla av popülasyonunun büyümesine izin verildikten sonra daha büyük yırtıcı popülasyona ilişkin D'Ancona'nın gözlemini açıklamaktaydı.

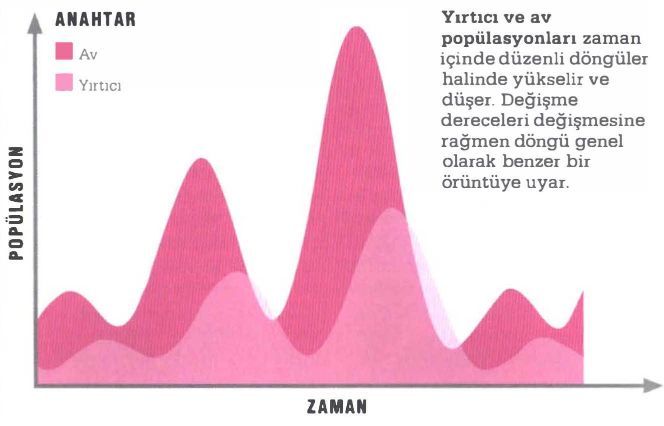
Göreli popülasyon dalgalanmaları iki türün göreli üreme oranlarına ve yırtıcının yeme oranına bağlıdır. Örneğin, bir karınca popülasyonu ile bir karıncayiyen popülasyonunun büyüklüğündeki dalgalanmalar bu kadar farklı oranlarda üredikleri için neredeyse hiç fark edilmez. İber vaşağı ve tavşan gibi, benzer oranlarda üreyen türlerin popülasyonundaki dalgalanmalar çok daha fazla belirgindir.

Doğanın silahlanma yarışı

Yırtıcı-av denklemleri, türlerin hiç bitmeyen bir mücadelede birbirlerine kilitlendiklerini, neredeyse felaket ve yok oluştan bolluk ve doğurganlık zamanlarına geçtiklerini ortaya çıkardı. Bu biyolojik "silahlanma yarışında", av olan tür üzerindeki evrim baskısı yem olmaktan kaçma ve hayatta kalma, dolayısıyla daha fazla yavrulama baskısıdır. Bu arada yırtıcı, daha fazla yavruya besin sağlamak için daha yüksek bir predasyon (yırtıcılık) oranına sahip olma baskısı altındadır. Ne var ki iki tür de üstün değildir; aksine, diğerinin adaptasyonlarına karşılık verir.

Çift toynaklı memeliler –antilop ve geyik gibi– ile büyük kedi-

Yırtıcı-av popülasyon döngüleri



Yırtıcı ve av popülasyonları zaman içinde düzenli döngüler halinde yükselir ve düşer. Değişme dereceleri değişmesine rağmen döngü genel olarak benzer bir örüntüye uyar.

ler ve kurtlar gibi memeli etçiller arasındaki yırtıcı-av ilişkisi, bu evrimsel silahlanma yarışının bir örneğidir. Toynaklı hayvanların uzun bacakları vardır; bacaklar, kalınlaşmış ve kaynaşmış parmak kemiklerinin ucunda yürümekle uzamıştır. Bu adaptasyon, yırtıcılarından daha hızlı koşmalarına ve daha uzun atlamalarına olanak verir. Buna karşı büyük kediler –aslan ve kaplan gibi– büyük, çevik ayaklı avı sürpriz saldırılarla yere indirmek için hız ve güç geliştirdi. Kurtlar durmadan uzun mesafeler koşma dayanıklılığını geliştirdi. Bu bir ekip olarak çalışıp avlarını kovalamalarını ve bitkin düşünce yakalayıp öldürmelerini olanaklı kılar.

Yırtıcı-av denklemleri iki türün popülasyon dinamikleri hakkında bir içgörü sunar ama dayandıkları varsayımlar gerçek yaşama nadiren yansır. Bazı yırtıcılar tek bir av türünü öldürmede uzmanlaşır ama ekosistemdeki diğer faktörler de popülasyonlarını etkiler.

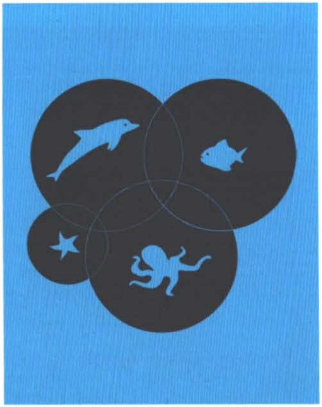
Diğer uygulamalar

Lotka-Volterra denklemleri, bir türün başka bir türün yırtıcısı ama üçüncü bir türün de av türü olabildiği besin ağlarının ve besin zincirlerinin dinamiklerini araştırmak için kullanıldı. Konakçı tür ile asalak tür arasındaki, av ile yırtıcı arasındakiyle benzerlik taşıyan ilişkiyi incelemek için de kullanıldı. Asalaklar çoğu kez bir konakçı türde uzmanlaşır – Lotka-Volterra denklemleriyle açıklanan ilişkiyi andıran bir ilişki. Ne var ki, pratikte evrim sürecinin buna müdahale ettiği düşünülüyor. Bir asalak, kendi konakçısını genellikle öldürmez (parazitoit denilenler) ama uyum başarısını azaltabilir. 1970'lerde Leigh Van Valen'in önerdiği Kırmızı Kraliçe evrim teorisi konakçı bir popülasyonda belli bireylerin yararlı genler sayesinde asalakların saldırısına rağmen uyum başarılarını nasıl sürdürebildiklerini açıklar. Asalaklar görünürde bağışık bu bireyleri sömürmek için durmadan evrim geçirir ve bu nedenle konakçı popülasyondaki yararlı genler de değişir. Bu şekilde, asalak ile konakçı, bir sonuca ulaşmak için savaşırken her daim evrim gerçekleşiyor – her şey aynı duruyor gibi görünmesine rağmen. ■

> “Volterra, ‘en iyinin hayatta kalması'na ilişkin matematiksel bir teoriyle ilgilendi”
>
> **Alexander Weinstein**
> ***Rus matematikçi***



Parazitoit yabanarısı yumurtalarını yaprakbitlerinin (yukarıda gösterilen küçük, sarı böcekler) içine bırakır. Buna parazitoit denir çünkü yabanarısının larvaları daha sonra büyüdükçe yaprakbitlerini yer.



VAROLUŞU, İNCE BİR KOŞULLAR DİZİSİ BELİRLER

EKOLOJİK NİŞLER

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Joseph Grinnell (1877–1939)

ÖNCE
1910 ABD'li biyolog Roswell Hill Johnson böceklerle ilgili bir bildiride "niş" sözcüğünü biyolojik bir bağlamda kullanan ilk kişidir.

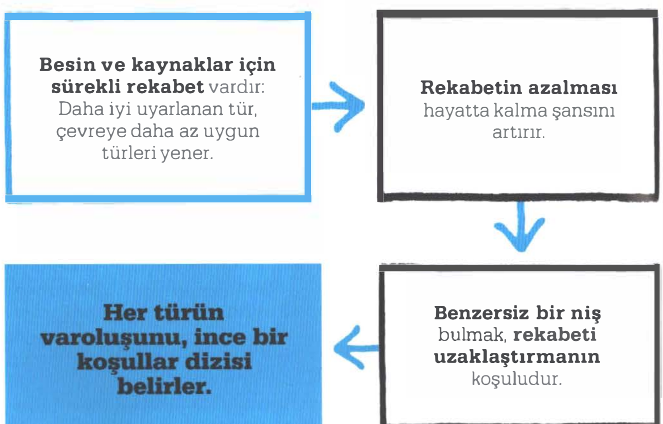
SONRA
1927 İngiliz çevrebilimci Charles Elton, *Animal Ecology* kitabında ekolojik bir nişin tanımında bir organizmanın "adres"inin yanı sıra rolünün de önemli olduğunu vurgular.

1957 İngiliz çevrebilimci George Evelyn Hutchinson "Concluding Remarks" denilen akademik bir bildiride, niş teorisini bir organizmanın tüm çevresini kucaklayacak şekilde genişletir.

1968 Alaska'da rengeyiğinin St. Matthew Adasına girişini, artışını ve yok oluşunu inceleyen Avustralyalı D.R. Klein yıkıcı nişi tanımlar.

Bir organizmanın nişi, çevredeki yerinin ve rolünün bir bileşimidir. Organizmanın besin ve barınma ihtiyaçlarını nasıl karşıladığının yanı sıra yırtıcılardan nasıl kaçındığını, diğer türlerle nasıl rekabet ettiğini ve nasıl çoğaldığını da kapsar. Benzersiz bir niş, diğer türlerle rekabeti azalttığı için, her hayvan ya da bitki açısından bir avantajdır. Çevrebilimciler açısından bir organizmanın nişinin tam bilgisi, habitat yıkımının ve iklim değişikliğinin neden olduğu çevresel değişimleri telafi etmek için yapılacak müdahaleleri bildirmek bakımından yaşamsaldır.

Niş kavramının öncüsü, California harmancıkuşu (California thrasher) denilen bir kuşu inceleyen ABD'li biyolog Joseph Grinnell'di. Bu kuşun fundalık bir habitatın çalılıklarında nasıl beslendiğini ve ürediğini, çalı diplerinde koşarak yırtıcılardan nasıl kaçtığını gösteren



Ayrıca bkz: Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Saha deneyleri 54–55 ▪ Optimal toplayıcılık teorisi 66–67 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Niş inşası 188–189

Bir ultra-uzman



Dev pandalar, yiyecekleri esas olarak bambudan ibaret olduğu için, çok özel bir ekonomik niş işgal eder. Bambu yetersiz bir besin kaynağıdır, düşük proteinli ve yüksek selülozludur. Pandalar yediklerinin yalnızca küçük bir bölümünü sindirebilir; yani çok miktarda bambu – her gün 12,5 kg kadar– yemek ve günde 14 saat yemek aramak zorundadırlar. Pandaların bambuya bu kadar çok bağımlı olmalarının nedeni belli değil ama bazı zoologlar, bambunun bol ve güvenilir bir besin kaynağı olmasından ve pandaların becerikli yırtıcı olmamasından ötürü olduğunu öne sürüyor.

Pandalar mevsimine göre bambu bitkisinin farklı bölümlerini yer. Baharın sonlarında ilk yeşil filizleri tercih ederler. Yılın diğer zamanlarında yaprakları ve fazla bir şeyin bulunmadığı kışın da sapları yerler. Pandalar kaslı çeneler ve bambu saplarını tutmak için bir sahte başparmak geliştirmiştir. Sindirim sistemleri, etçil atalarınınkiyle benzer olduğundan, bağırsaklardaki bakteri faunası sindirime yardım etmesine rağmen, büyük miktarda bitkisel malzemeyi sindirmekte yetersizdir.

gözlemlerini 1917'de yayımladı. Harmancıkuşunun kamuflajı, kısa kanatları ve güçlü bacakları, bu çevrede yaşamaya kusursuz bir biçimde uyarlanmıştı.

Grinnell fundalık habitatı harmancıkuşunun "nişi" olarak gördü. Düşüncesi bitkilerde ve hayvanlarda "ekolojik eşdeğere" de izin veriyordu; buna göre, uzaktan akraba ve birbirinden çok uzak yaşayan türler benzer nişlerde beslenme alışkanlıkları gibi benzer adaptasyonlar gösterebiliyordu. Örneğin, Avustralya kırsalında ötücü kuş türleri bağlantısız harmancıkuşuna benzer bir biçimde fundalıklarda yem arar. Grinnell "boş" nişler de tanımladı – bir türün potansiyel olarak işgal edebildiği, ama bulunmadığı habitatlar.

Genişleyen niş

1920'lerde çevrebilimci Charles Elton "niş" için basit bir habitat tanımının ötesine baktı. Ona göre birincil faktör, bir hayvanın ne yediği ve ne tarafından yenildiğiydi. Otuz yıl sonra George Evelyn Hutchinson tanımı daha da genişletti. Hutchinson bir nişin jeoloji, toprağın ya da suyun asit derecesi, besin akışları ve iklim dahil olmak üzere, bir organizmanın diğer organizmalarla ve cansız çevresiyle etkileşimlerinin tümünü hesaba katması gerektiğini savundu. Hutchinson'ın çalışması başkalarını tek bir organizmanın kullandığı kaynak çeşidini (niş genişliği), rekabet eden türlerin bir arada yaşama şekillerini (niş bölüşme), farklı hayvanların ve bitkilerin kaynak örtüştürmesini (niş örtüşmesi) açıklamaya teşvik etti.

> [Bir niş] oldukça soyut, çokboyutlu bir hiper uzaydır
>
> **George Evelyn Hutchinson**

Habitatın önemi

Ekolojik nişler istikrarlı bir habitatın varlığına dayanır; küçük değişiklikler organizmaların bir zamanlar doldurduğu nişleri ortadan kaldırabilir. Örneğin kızböceği larvaları, yalnızca belli bir su asitliği, kimyasal bileşim, ısı ve av aralığı içinde ve sınırlı sayıda yırtıcıyla birlikte gelişir. Yetişkin dişiler yumurtlamak için, larvalar başkalaşma için doğru bitki örtüsüne ihtiyaç duyar. Kızböceği kendi çevresini de etkiler: Yumurtaları amfibiler için besindir; hem yırtıcı hem av olan larvaları suya besin öğeleri ekler; yetişkinler böcek avlar. Bu ihtiyaçlar ve etkiler onun ekolojik nişini tanımlar. Hutchinson bir türün varlığını sürdürmesi için, koşulların gerekli aralıklar içinde olması gerektiğini öne sürdü. Koşullar niş gereklerinin dışına çıkarsa tür yok olmayla karşı karşıya kalabilir. ▪



TAM RAKİPLER BİR ARADA VAR OLAMAZLAR

REKABETÇİ DIŞLAMA İLKESİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Georgy Gause (1910–86)

ÖNCE
1925 Alfred James Lotka yırtıcı-av popülasyonlarındaki değişmeleri analiz etmek için ilk kez denklemleri kullanır; bir yıl sonra matematikçi Vito Volterra ondan bağımsız olarak aynısını yapar.

1927 Volterra 1926'daki incelemesini topluluklar içindeki çeşitli ekolojik etkileşimleri kapsayacak şekilde genişletir ve güncelleştirir.

SONRA
1959 G. Evelyn Hutchinson, Gause'un düşüncelerini genişletir ve iki rakip tür arasındaki benzerliğin sınırını açıklayan bir oran üretir.

1967 Robert MacArthur ve Richard Levins bir arada var olan türlerin nasıl etkileştiğini açıklamak için olasılık teorisini ve Lotka-Volterra denklemlerini kullanır.

Rekabet, evrimin itkisidir; daha büyük, daha güçlü ve daha iyi olma ihtiyacı kaçınılmaz olarak bir türe üstünlük kazandıran adaptasyonlara yol açar. İki tür aynı kaynaklar için rekabet edince herhangi bir avantaja sahip olan biri diğerini yener. Sonuç olarak, iki türden daha zayıf olanı ya yok olur ya da uyum sağlar; dolayısıyla artık rekabet edemez. "Rekabetçi dışlama ilkesi" ya da "rakibini eleme ilkesi" olarak bilinen bu önerme Rus mikrobiyolog Georgy Gause tarafından ortaya atıldı ve Gause Yasası olarak anılır.

Gause kendi ilkesini doğada yapılan gözlemlerden değil, mikroorganizma kültürlerini kullanan laboratuvar deneylerinden üretti.

Ötleğenler nasıl bir arada var olur?



Beş ötleğen türü, her biri kendi "nişinde" yaşadığı için aynı ağacı paylaşabilir. Bu şekilde fazla örtüşmeden yaşayan kuşlar rekabet etmez.

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Ekolojik nişler 50–51 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Ekolojik lonca 176–177 ▪ Niş inşası 188–189 ▪ İstilacı türler 270–273



Kızıl sincap boz sincaptan **küçüktür ve daha kısıtlı bir yemek listesi ve habitatı vardır. Boz sincapların taşıdığı, ama onları etkilemeyen parapoxvirus kızıl sincapları öldürür.**

Gause'a göre doğada ekolojik mekanizmaların nasıl çalıştığına ilişkin sonuçlar çıkarılamayacak kadar çok değişken vardı. Türlerin hayatta kalmak için nasıl rekabet ettiğini anlama konusunda Darwin'in zamanından bu yana çok az ilerleme kaydedildiğini, oysa deneysel yöntemin genetik gibi alanlarda büyük ilerlemeler sağladığını öne sürdü. Aslında rekabetçi dışlama ilkesi – yararlı bir teorik model olmasına rağmen– doğada nadiren görülür çünkü hayatta kalma girişiminde daha zayıf olan rakip, daha hızlı hareket etme ya da uyum sağlama eğilimindedir.

Rekabetten kaçınma

Pek çok canlı hayatta kalmak için gerekli değişiklikleri yapabilir. Çeşitli kuşlar farklı "nişlerde" çalıştıkları için yıl boyunca bir bahçede yaşayabilir. Farklı besin tipleri yemelerine izin veren farklı gaga büyüklükleri ve şekilleri vardır – narbülbülü böcekleri tercih eder; ispinoz tohum yer. Habitat seçimleri ve beslenme zamanları da değişik olabilir; bu, kaynak bölüşme olarak bilinir.

1957'de Robert MacArthur Kuzey Amerika ötleğenlerinde bu fenomeni fark etti. Gözlemlediği beş türden her birinin ayırt edici, renkli işaretleri vardı, kozalaklı ağaçların içine girip çıkıyorlardı ve böceklerle besleniyorlardı. Bir habitatta bir arada yaşayabiliyorlardı çünkü ağacın aynı bölümünde beslenmeye çalışmıyor, bitkinin farklı yüksekliklerinde ve derinliklerinde besleniyorlardı. Bu şekilde birbirleriyle rekabet etmekten kaçınmaktadırlar.

> Bu amaçla yapay bir mikrokozmos meydana getirelim… bir test tüpünü besleyici maddeyle dolduralım ve aynı besini tüketen ya da birbirini yiyen birkaç protozoa türüne sunalım.
>
> **Georgy Gause**

Rekabet tipleri

Rekabetçi Dışlama İlkesi, rekabetin iki ana tipini kapsar. Türiçi rekabet aynı türün bireyleri arasındadır ve en iyi olanın hayatta kalmasını sağlar; bu yüzden yalnızca en sağlıklı bireyler –ya da belirli bir çevreye en iyi uyum sağlayanlar– üreyecektir. İkinci tip, türler arasındadır: Aynı kaynaklara yaslanan iki farklı tür arasında rekabet. Bu kaynakların en önemlisi, "sınırlayıcı kaynak"tır, ikisinin de üremek için ihtiyaç duyduğu kaynaktır. Çevrebilimciler iki ayrım daha yapar. Çatışma, iki organizma, bir eş ya da tercihli bir besin gibi sınırlı bir kaynak için birbiriyle doğrudan savaşınca olur. Sömürü, rakibe bir şey kalmayacak şekilde bir kaynağı yok etmek gibi dolaylı rekabettir; bu durum bitkilerde bir tür besin öğesini ya da suyu komşularından daha etkili aldığında görülebilir.

İstilacı bir rakip

Egzotik bir tür bir ekosisteme aniden girerse çoğu kez sorun çıkar. İngiltere'nin kızıl ve boz sincapları iyi bir örnektir. Boz sincap 1870'lerde Amerika'dan gelince her iki sincap türü aynı besin ve habitat için rekabet etti; bu durum yerli kızıl sincap popülasyonlarını baskı altına soktu. Yemek rejimini uyarlayabildiği için boz sincabın üstünlüğü vardı; örneğin, yeşil palamut yiyebilir ama kızıl sincap yalnızca olgun palamutları sindirebilir. Aynı orman alanı içinde kızıl sincaplar daha bir ısırık almadan boz sincaplar besin kaynağının kökünü kurutabilir. Aynı zamanda boz sincaplar daha yoğun ve değişik habitatlarda yaşayabilirler; bu sayede ağaçlık alanlar yok olunca daha kolay hayatta kaldılar. Sonuç olarak, İngiltere'de kızıl sincapların soyu tükenmek üzeredir. ▪



KÖTÜ SAHA DENEYLERİ İŞE YARAMAZDAN DA BETER OLABİLİR

SAHA DENEYLERİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Joseph Connell (1923–)

ÖNCE
1856 İngiliz bilim insanları John Lawes ve Joseph Gilbert, Rothamsted'de farklı yapay gübrelerin çayırların verimini nasıl etkilediğini test etmek için Park Grass Deneyi'ni başlatır.

1938 Fransız çevrebilimci Harry Hatton, Bretagne kıyısında kaya midyeleri üzerine ilk deniz ekolojisi saha deneylerinden birini yürütür.

SONRA
1966 Amerikalı çevrebilimci Robert Paine denizyıldızı yokluğunun diğer türler üzerindeki etkisini test etmek için bir Pasifik kıyısı ekosisteminde Pisaster ochraceus denizyıldızını gelgit havuzlarından uzaklaştırır.

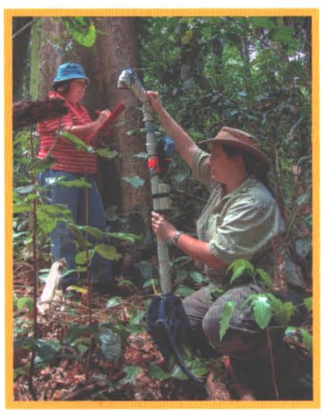
1968 Besin zenginleşmesinin (ötrofikasyon) etkilerini incelemek için Kanada, Ontario'da 58 tatlı su gölünü içeren Deneysel Göller Alanı kurulur.

Ekolojide deneme çok önemlidir. Deney olmasa organizmaların neden öyle davrandığıyla ilgili düşüncelerimiz büyük ölçüde kurgusal olurdu. Keskin gözlem de önemlidir ama çoğu zaman o gözlemleri tam anlamak için deneye ihtiyaç vardır.

Teorileri test etmek için üç ana ekolojik deney tipi vardır: matematiksel modeller, laboratuvar deneyleri ve saha deneyleri. Her bir yöntemin kendi meziyetleri vardır ama saha deneylerinin yararları ancak yakın zamanda kabul gördü. 1960'lardan önce laboratuvar dışında deneyler enderdi.

Ancak laboratuvar yapay bir çevredir ve organizmalar laboratuvarda doğal habitatlarında davrandıkları gibi davranmayabilir. Örneğin, hava kararırken bir tünekten ayrılan yarasalar baharda ve yaz sonunda yem arama alanlarına giderken farklı yolları izler. Değişikliğin potansiyel nedenleri – av dağılımında ve yırtıcı tehditlerindeki değişiklikler; ağaç örtüsündeki mevsimsel farklılıklar; ya da insan kaynaklı rahatsızlık ve ışık kirliliği– laboratuvarda kurulamaz. Matematiksel modelleme örüntüleri öngörmeye yardımcı olabilir ama değişimin nedenini saptamada daha az etkili olur. Yarasaların davranışını anlamak için doğal çevrelerinin incelenmesi çok önemlidir ve bu da ancak saha teknikleriyle olanaklıdır.

Saha deneyleri farklı faktörlerin ilgi düzeylerini test etmek için manipüle edilmesine olanak verir.



Yağmur ormanı ekosistemleri, dünyada tür bakımından en zengin çevreler arasındadır. Bu durum onları çevrebilimcilerin saha deneyleri yapmaları için özellikle değerli yerler haline getirir.

Ayrıca bkz: Ekolojik nişler 50–51 ▪ Modern bir biyolojik çeşitlilik görüşü 90–91 ▪ Hayvan davranışı 116–117 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Niş inşası 188–189

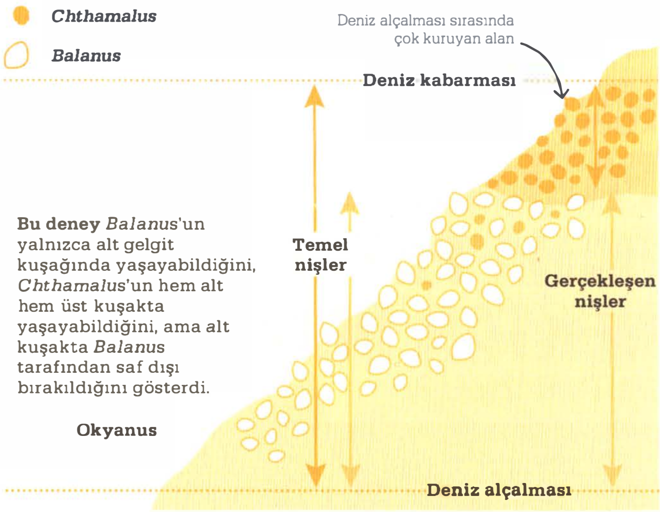
Yarasa örneğinde, ışık kirliliğinin, davranış değişikliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için sokak lambaları söndürülebilir.

İskoç kaya midyeleri

1961'de Amerikalı çevrebilimci Joseph Connell, İskoçya kıyısında kaya midyeleri üzerine yaptığı araştırmalarının sonuçlarını yayımladı. Serbest yüzen midye larvaları her yere konabildiği için Connell gelgit kuşağının alt bölümünü *Balanus balanoides*, üst bölümünü Chthamalus stellatus midyelerinin kolonileştirmesinin nedenini test etmişti. Bunun rekabetten mi, predasyondan mı yoksa çevresel faktörlerden mi kaynaklandığını bilmek istiyordu.

Connell yerel çevreye müdahale etti ve bir yılı aşkın bir süre izledi. Bir alanda Chthamalus midyelerini uzaklaştırdı. Yerlerini Balanus midyeleri almadı; demek ki Balanus, deniz alçalması sırasında üst kuşakta gerçekleşen kurumaya dayanamaz. Sonra Connell, Balanus popülasyonunu alt kuşaktan uzaklaştırdı ve Chthamalus midyelerinin onların yerini aldığını gördü. Her iki tür alt kuşakta yaşayabiliyordu ama daha yukarıda yalnızca biri varlığını sürdürebiliyordu. Demek ki Chthamalus üst kuşağın sert koşullarıyla daha iyi başa çıkabiliyordu ama aşağıya indikçe Balanus tarafından saf dışı ediliyordu. Chthamalus'un temel nişi (türün normal olarak varlığını sürdürebildiği yer) her iki kuşağı kapsamaktaydı ama "gerçekleşen nişi" (yaşadığı fiili alan) daha sınırlıydı.

Joseph Connell'in kaya midyesi deneyi



> [Connell'in] incelemeleri... popülasyon ve topluluk dinamiklerini, çeşitliliği ve demografiyi şekillendiren mekanizmalara ilişkin bilgimizi geliştirdi
>
> **Stephen Schroeter**
> ***denizbilimci***

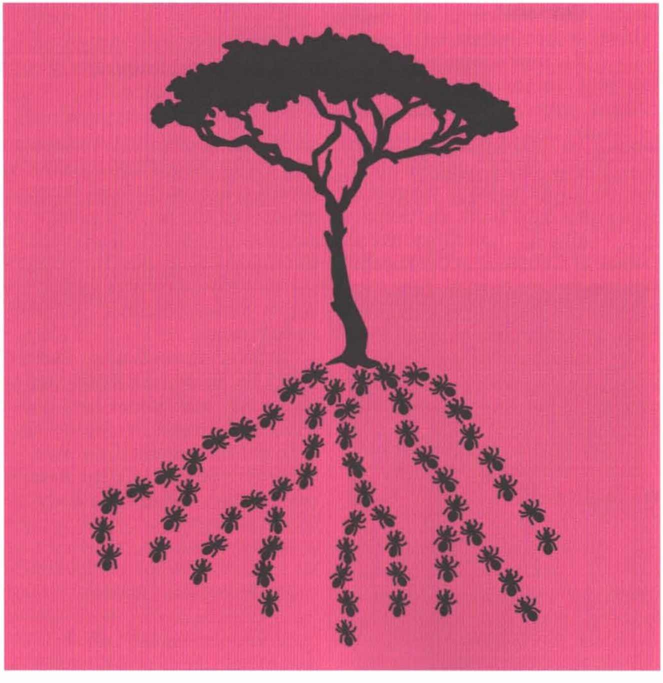
Çeşitlilik deneyleri

1970'lerin başında Connell ve Amerikalı çevrebilimci Daniel Janzen tropikal ormanlardaki ağaç çeşitliliğine ilişkin bir açıklama yayımladı: Janzen-Connell hipotezi. Connell, Avustralya, North Queensland'de iki yağmur ormanındaki ağaçların haritasını çıkardı ve en yakın komşuları aynı türden olunca fidelerin daha az başarılı olma eğiliminde olduğunu gördü. Her tür özgül otçulların ve patojenlerin hedefidir; bunlar yandaki türün daha küçük, daha zayıf bireylerini de yer ya da onlara saldırır. Bu durum bir ağaç türünün "kümelenmesini" önler.

1978'de Connell orta dereceli müdahale hipotezini (ODMH) önerdi. Buna göre, hem yüksek hem düşük düzeyde müdahale, bir ekosistemde tür çeşitliliğini azaltır; bu yüzden en büyük tür yelpazesi bu uçlar arasında beklenebilir. Birçok araştırma ODHM'yi destekler. Batı Avustralya açıklarındaki sularda gerçekleştirilen bir araştırma, dalga müdahalesinin çeşitlilik üzerindeki etkilerini inceledi. Hem korunaksız açık deniz alanlarında hem de korunaklı alanlarda tür çeşitliliğinin düşük olduğu görüldü. ▪

DAHA FAZLA NEKTAR DAHA FAZLA KARINCA, DAHA FAZLA KARINCA DA DAHA FAZLA NEKTAR DEMEKTİR

MUTUALİZMLER



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Dan Janzen (1939–)

ÖNCE
1862 Charles Darwin uzun bir nektar tablası bulunan bir Afrika orkidesinin eşit derecede uzun bir dili bulunan bir güve tarafından polenlenmesi gerektiğini öne sürer.

1873 Belçikalı zoolog Pierre-Joseph vah Beneden "mutualizm" terimini ilk kez biyolojik bir bağlamda kullanır.

1964 "Birlikte evrim" terimini ilk kez Amerikalı biyologlar Paul Ehrlich ve Peter Raven tarafından kelebekler ile beslendikleri bitkiler arasındaki mutualist ilişkiyi açıklamak için kullanılır.

SONRA
2014 Araştırmacılar tembelhayvanları, algleri ve güveleri içine alan alışılmadık ama yararlı bir üç-yönlü mutualizm keşfeder.

Biyolojide organizmalar arasında etkileşimin birçok türü vardır. Bir ekosistemde bir tür, aynı kaynak için rekabet edince başka bir türe yenilebilir. Bir yırtıcı bir avı yiyebilir. Bir türün yararına olan ama başka bir türün zararına olmayan ya da bir organizmanın yararlanmadığı, ama yine de varlığını sürdürdüğü simbiyotik ilişkiler de vardır. "Mutualizm" olarak bilinen ilişkide her iki organizma da ilişkiden yararlanır.

Bir ağaç ve karıncaları

1960'ların ortasında Amerikalı genç çevrebilimci Daniel Janzen, Doğu Meksika'da akasya ağaçları

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Ekolojik nişler 50–51 ▪ Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113



Karıncalar ve larvaları, bir Doğu Afrika dikenli akasya ağacının kabarık dikenlerinde barınır. Buna karşılık karıncalar da yuvalarından dışarı akın edip ağacı otçullardan korur.

ile karıncalar arasındaki şaşırtıcı mutualist ilişkiye hayran kaldı. Araştırması böyle bir etkileşime ilişkin ilk derinliğine incelemelerden biriydi. İki ortak kabarık dikenli akasya ile ağacın boğa boynuzu şeklindeki dikenlerinde yaşayan akasya karıncalarıydı. Kraliçe karıncaların işgal edilmemiş filizler aradığını, kabarık dikenlerin birinde bir delik açtığını ve yumurtladığını, bazen nektar bulmak için dikenden ayrıldığını gördü. Sonra yumurtalardan çıkan larvalar akasyanın şeker ve protein bakımından zengin yaprak uçlarıyla besleniyordu. Larvalar daha sonra başkalaşıp işçi karıncalara dönüşüyordu. Zamanla ağacın tüm dikenleri işgal ediliyor ve bir kolonide 30.000 kadar karınca yaşıyordu.

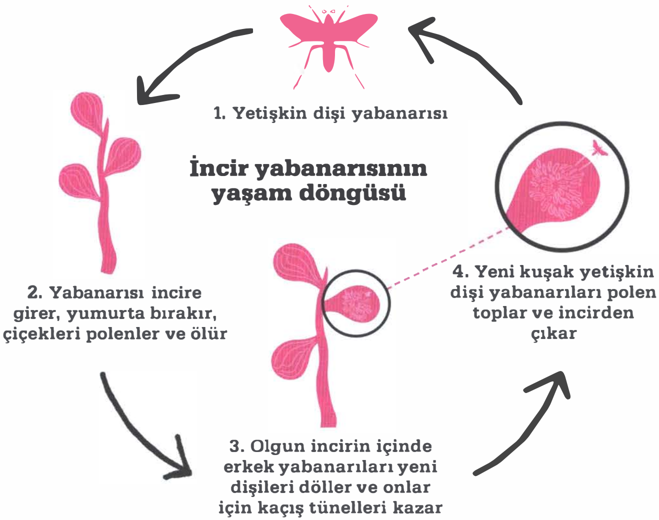
Janzen şunu gösterdi: Akasya karıncaları olmasaydı kabarık dikenli akasya, yapraklarını, saplarını, çiçeklerini ve köklerini yiyen böceklerin neden olduğu hasara dayanma yeteneğini kaybederdi. Karıncalar olmasaydı bir ağaç yapraklarından yoksun kalır ve altı ay ya da bir yıl içinde ölürdü. Büyümeyi sürdüremediği için rakip ağaçların gölgesinde kalması da olasıydı. Janzen karıncaları ağaçtan uzaklaştırmak için dikenleri kopardı, filizleri kesti ya da yaktı ve yeni dikenler çıkmaya başlayınca karıncaların geri geldiğini gördü.

Karıncalar yiyecek ve barınma karşılığında ağaca iki hizmet sunuyordu: Ağacı yaprak yiyen böceklere karşı savunuyorlardı ve yakında büyüyen potansiyel rakip ağaç fidelerini yiyorlardı. Janzen akasyaları ve karıncalarını "zorunlu mutualistler" olarak niteledi; yani bir tür diğeri olmasa öle-

Avizeağaçları ve güveleri

Amerika'nın sıcak, kurak bölgelerinde avizeağaçları ile avizeağacı güveleri arasında dikkate değer bir mutualist ilişki vardır. Başka hiçbir böcek bu bitkileri polenlemez ve başka hiçbir bitki avizeağacı güvesini barındırmaz. Dişi bir avizeağacı güvesi bir avizeağacı çiçeklerinden polen alır ve başka bir avizeağacının çiçeğine doldurup bitkiyi döller. Sonra güve çiçeğin tohumluğunda bir delik açar ve bir yumurta bırakır; aynı çiçeğe birden çok yumurta bırakabilir. Yumurta çatlayınca tırtıl güveler çiçekte gelişen tohumlarla beslenir ama hepsini yemez, bitkinin yayılmasına yetecek kadar bırakır. Bir çiçeğe gereğinden çok sayıda yumurta bırakılırsa tırtıllar yumurtadan çıkmadan bitki o çiçeği döker – oradaki böcekleri açlıktan ölmeye terk eder. Bu güveler olmasa avizeağaçları polenlenmez ve kısa sürede ölürdü. Avizeağaçları olmasa güvelerin yumurtalarını bırakıp besleyecekleri bir yerleri olmazdı ve onlar da varlığını sürdüremezdi.





İncir yabanarısı ve incir karmaşık bir hizmet-kaynak mutualizmini paylaşır; burada yabanarısı polenleme hizmeti, incir bitkisi yabanarısı yumurtalarının gelişmesi için güvenli bir ortam sunar.

> Birçok türde karşılıklı yardım vardır.
> **Pierre-Joseph van Beneden**
> ***Belçikalı zoolog***

cekti. Karıncalar uzaklaşsa kabarık dikenli akasyanın hiçbir savunma aracı olmazdı; akasya ağacı olmasa karıncaların evi olmazdı.

Herkesin yararına

İki temel mutualizm tipi vardır – hizmet-kaynak ve hizmet-hizmet ilişkileri. Bunlar ortak organizmaların arasındaki ilişkinin doğasına göre tanımlanırlar: Bir hizmet sağlama ilişkisi mi yoksa bir kaynak arzı ilişkisi mi? Hizmet-kaynak ilişkisi doğada yaygındır; kelebeklerin, güvelerin, arıların, sineklerin, yabanarılarının, böceklerin, yarasaların ve kuşların çiçekleri polenlemesi ya da döllemesi en yaygın örnektir. Kaynağı (polen) çiçek sağlıyor; hizmeti (polenleme) hayvan sağlıyor. Çiçekli bitkilerin (yaklaşık 170.000 tür) yaklaşık dörtte üçünün 200.000 hayvan türü tarafından polenlendiği tahmin ediliyor. Tipik olarak, bir çiçek, renkleriyle ya da kokusuyla, polenleyen bir böceği nektar içmeye ya da polen toplamaya çeker; böceğin vücuduna yapışan polen sonraki çiçeğe taşınır. Çiçek ve polenleyicisi bu mekanizmayı etkili çalıştıracak şekilde gelişti.

Bazı bitkiler, kuşların ve memelilerin tohumlarını, sporlarını ya da meyvelerini saçtığı bir hizmet-kaynak ilişkisi de geliştirmiş. Tohumlar bir memelinin bitkinin yapraklarına sürtünen kürküne yapışabilir; memeli dolaştıkça tohumları serper. Kafesmantarının berbat kokusu mantarın salgısını yalayan ve böylece sporlarını yayan sinekleri çeker. Bir kuş bir meyveyi yutunca uçup giderken içindeki tohumları da taşır; sindirilemez tohumlar yenildikleri yerin çok uzağında dışkıyla dışarı atılabilir. Bütün bu durumlarda bitki bir kaynak (besin) sunar; memeliler, kuşlar ve sinekler de bir hizmet (nakliyat) sunar.

Bununla birlikte, tüm mutualist ilişkiler bitkileri gerektirmez. Afrika'da temizlikçi denilen kuşlar ile impala ve zebra gibi otçul memeliler başka tür bir hizmet-kaynak mutualizmi uygular. Temizlikçi kuşlar memelinin kürkünden keneleri toplayıp kaşıntıyı ve bir hastalık kaynağını giderirken aynı zamanda bir yemek yer. Temizleyici kuşlar tehlike sezince yüksek sesler çıkarıp diğer temizleyici kuşların yanı sıra memeli konağı da uyarır.

Böcek dünyasında bazı karıncalar ve yaprakbitleri hizmet-kaynak mutualizminin farklı bir biçimini gerçekleştirir. Yaprakbitleri bitkilerle beslenirken karıncalar da yaprakbitlerini korur. Sonra karıncalar, yaprakbitlerinin salgıladığı tatlı özsuyu antenleriyle vurarak gerçekleştirdikleri bir "sağma" işlemini kullanarak tüketir.

Her iki organizmanın birbirine koruma sunduğu hizmet-hizmet mutualizmleri daha az yaygındır.

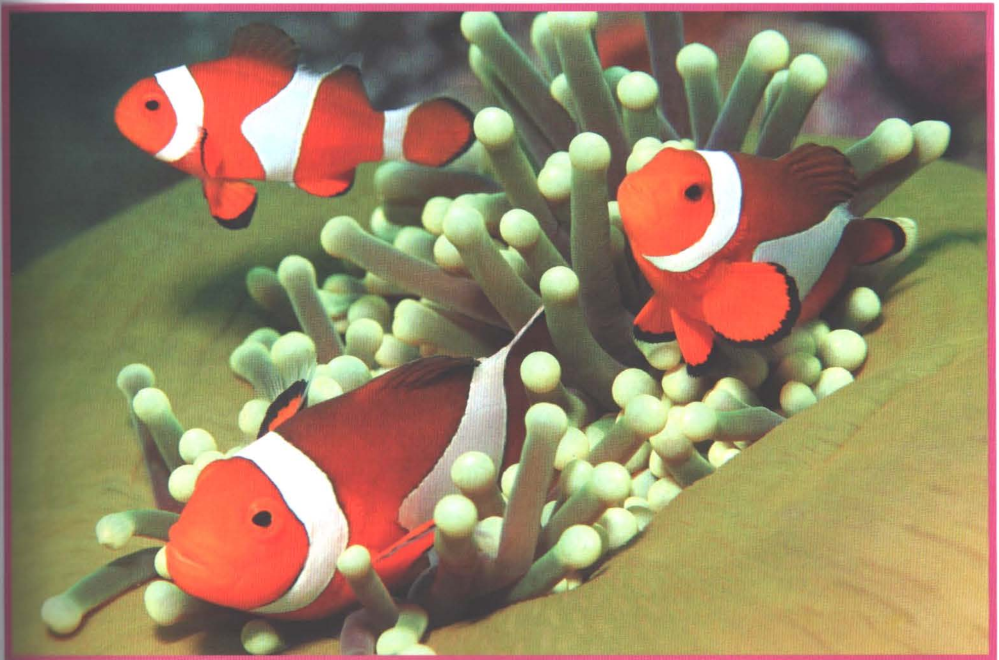
Alışılmadık bir ilişki Pasifik okyanusunun batısında, 30 civarında palyaçobalığı türü ile 10 zehirli denizşakayığı türü arasında gerçekleşir. Denizşakayıklarının dokunaçları üzerindeki yakıcı, zehir dolu kapsülleri yakına gelen pek çok küçük balığı öldürür ama palyaçobalığına bir şey yapmaz. Palyaçobalığının kalın, koruyucu mukus tabakası şakayık sokmasına karşı bağışıklık sağlar; balığın dokunaçları içinde yaşamasına olanak verir. Denizşakayıklarının zehirli dokunaçlarının sunduğu korumaya karşılık palyaçobalığı da yırtıcı kırlangıçbalığını caydırır, konağından parazitleri uzaklaştırır ve dışkısıyla besin sağlar.

Palyaçobalığı ve denizşakayığı, biri diğerinin koruması olmadan da varlığını sürdürebilirdi, ama birlikte evrilen karşılıklı ilişki, onlara çok daha yüksek hayatta kalma şansı sunar.

Ortak evrim

Hizmet ve kaynak sağlayıcılar arasındaki ilişkiler milyonlarca yıl içinde ve "birlikte evrim" –birbirlerini karşılıklı olarak etkileyen iki ya da daha fazla türün evrimi– denilen bir süreçte gelişti.

Birlikte evrim terimini Amerikalı biyologlar Paul Ehrlich ve Peter Raven 1964'te türetti ama bu sözcük var olmadan yüzyıl önce doğabilimci Charles Darwin ve Alfred Russel Wallace, özellikle orkidelerle ilgili gözlemlerinde, kavramın farkındaydı. Diğer birçok çiçekli bitki gibi orkideler de polenlenmek için böceklere güvenir. Bazılarının, içinde nektar ve polen tutmak için olağanüstü yapıları vardır. Bitkiler böcek polenleyicileri ayartmak için onlara enerji veren nektar içmeyi teklif eder. Bu durum 1862'de Madagaskar orkidesinin bir örneği verilen Darwin'i büyüledi. Çiçek, nektarını yaklaşık 30 cm uzunluğunda içi boş bir mahmuzda saklar. Darwin ve Wallace ancak büyük bir güvenin nektara uzanabilecek kadar uzun bir hortumu olabileceğini düşündü – nihayetinde 1977'de kanıtlanan bir teori. Orkidenin mahmuzu daha kısa olsaydı bir güve polen toplamadan nektar içebilir ve dolayısıyla çiçeği polenleyemezdi. Mahmuz daha uzun olsaydı o zaman da güve ziyaret etmezdi. ■



DENİZSALYANGOZLARI YAVAŞ HAREKET EDEN KÜÇÜK KURTLARA BENZER

KİLİTTAŞI TÜRLER



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Robert Paine (1933–2016)

ÖNCE
1950'ler Kenya'da çiftçi ve çevre korumacı David Sheldrick, Tsavo Doğu Milli Parkına filleri sokar ve bunun biyolojik çeşitlilikte büyük bir artışla sonuçlandığını keşfeder.

1961 Amerikalı çevrebilimci Joseph Connell'in İskoçya'nın kayalık kıyılarında yaptığı saha çalışması, yırtıcı deniz salyangozlarının uzaklaştırılmasının, avladıkları kaya midyelerinin dağılımını değiştirdiğini gösterir.

SONRA
1994 ABD'de Brian Miller'ın öncülük ettiği bir grup çevrebilimci, çayırköpeklerinin kilittaşı bir tür olarak oynadığı değerli rolü açıklayan bir bildiri yayımlar.

2016 Saha çalışması, deniz çevrebilimcisi Sarah Gravem'in, organizmaların bazı yerlerde kilittaşı tür olabildiği, bazı yerlerde olamadığı sonucunu çıkarmasına yol açar.

Kilittaşı bir tür çoğu kez ekosistemin genel biyokütlesinin küçük bir bölümü olmasına rağmen bir ekosistemin işleyişinde can alıcı bir rol oynar. Çevre üzerinde biyokütlesine göre orantısız ölçüde büyük bir etki yarattığı için kilittaşı bir tür bir ekosistemden çıkarsa o ekosistem köklü bir biçimde değişir. Kilittaşı türlerin önemini 1969'da "Trofik Karmaşıklık ve Topluluk İstikrarı Üzerine Bir Not" başlıklı makalesinde Amerikalı biyolog Robert Paine açığa çıkardı – bu terimi bir kemerin tepesinde, kemerin çökmesini önleyen merkezi "kilittaşı"ndan türetti.

> ... motorunuzun tüm parçalarının adını söyleyebilen, sıralayabilen ve sayabilen ya da her bir parçanın diğerleriyle nasıl etkileşime girip çalışan bir motor meydana getirdiğini gerçekten bilen bir oto tamircisi ister misiniz?
>
> **Robert Paine**

Kilittaşı kavramı

1960'larda Paine birkaç yılını Washington eyaletinin Pasifik kıyısında bulunan Tatoosh adasında gelgit kuşağının hayvanlarını inceleyerek geçirdi. Okra denizyıldızını gelgit kuşağından uzaklaştırdı ve onların esas avının, sayıları denizyıldızlarınca kontrol altında tutulan bir midyenin kuşağa egemen olup diğer alt türlerin yerini aldığını izledi. Tek bir kilittaşı türü uzaklaştırmanın diğer birçok tür üzerinde açık bir etkisi vardı. Paine bu düşünceyi "trofik çağlayanlar" kavramını –bir ekosisteme ve organizmalarına yayılan güçlü, tepeden tırnağa etkiler– kapsayacak şekilde geliştirdi. Paine'in denizyıldızları çalışmasından bu yana çok sayıda

Siyah kuyruklu çayırköpekleri
ABD, Wyoming'de bir tarladaki tünellerinden dışarıya bakıyorlar. Bu türle ilgili araştırmalar yerli habitatındaki çeşitliliğin gelişmesinde oynadığı kilit rolü ortaya çıkardı.



Ayrıca bkz: Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Mutulalizmler 56–59 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Trofik çağlayanlar 140–143 ▪ Evrimsel açıdan kararlı durum 154–155



İnceleme, başka birçok kilittaşı organizma bulunduğunu ve her birinin rolünü farklı biçimde oynadığını kanıtladı.

Ekoloji mühendisleri

Orta-batı Amerika'daki çayırköpekleri "mühendislik" faaliyetleriyle etki yaratan kilittaşı türün iyi bir örneğidir. Bu küçük memelilerin oluşturduğu büyük koloniler çayırların altında tünel ağları kazar. Bu yaygın oyuklarda uyur ve yavrularını büyütürler; çayırı uygun bir habitata çevirirler.

Çayırköpeklerinin aralıksız kazma faaliyeti, toprak değişimini dramatik ölçüde artırır, yağmurdan ve kardan gelen suyun ve besinlerin daha derine inmesine olanak verir. Nemli, besin bakımından zengin toprak bitki çeşitliliğini teşvik eder ve dağ yağmurkuşu gibi kuşlar kısa otlarda beslenir ve yuva yapar. Paslı şahin ve siyah ayaklı dağ gelinciği gibi yırtıcılar avlanmak için bu alana gelir; gelincikler ve kaplan semenderleri, oyukları barınak olarak kullanır. Çayırköpeği kolonilerinden yaklaşık 150 bitki ve hayvan türünün yararlandığı biliniyor. "Kaybedenler" –özellikle uzun bitki örtüsünü yeğleyen omurgalılar– olmasına rağmen çayırköpeklerinin varlığı genel biyolojik çeşitliliği artırır. Koloniler ölüp yok olunca kısa otların yerini çalı öbekleri alır, yağmurkuşları alanı terk eder ve yırtıcı sayısı azalır.

Mercan temizleyiciler

Karayipler'de prenses papağanbalığı da kilittaşı bir türdür – bu kez, beslenmesinin sonuçlarından ötürü. Balık mercanların ışık, besin ve yer için birbiriyle savaştığı mercan resifleri civarında yaşar. Papağanbalığı yosun tabakalarını çıkarıp yemek için mercanların yüzeyini kazır. Papağanbalığı bunu yapmasaydı mercanların üzerinde resifi havasız bırakan ve kimyasal olarak hasara uğratan yosun yığınları oluşurdu. Papağanbalığı aşırı avlanır ya da



Robert Paine

1933'te Massachusetts, Cambridge'de doğan Robert Paine, Harvard'da okudu. Kısa bir süre ABD ordusunda tabur bahçıvanlığı yaptıktan sonra araştırmalarını deniz omurgasızlarına odakladı. Pasifik kıyısındaki denizyıldızları ile midyeler arasındaki ilişkiyle ilgili incelemesi, kilittaşı tür – tek bir türün kendi ekosistemi üzerinde yaratabildiği orantısız etki– kavramını önermesine yol açtı

Paine meslek yaşamının çoğunda Washington Üniversitesinde çalıştı; saha manipülasyonu deneylerini ya da "dene de gör" ekolojisini orada popülerleştirdi. 2013'te Ulusal Bilimler Akademisi tarafından Uluslararası Kozmos Ödülüyle ödüllendirildi; 2016'da öldü.

Önemli eserleri

1966 "Food Web Complexity and Species Diversity", *American Naturalist*
1969 "A Note on Trophic Complexity and Community Stability", *American Naturalist*
1994 *Marine Rocky Shores and Community Ecology: An Experimentalist's Perspective*

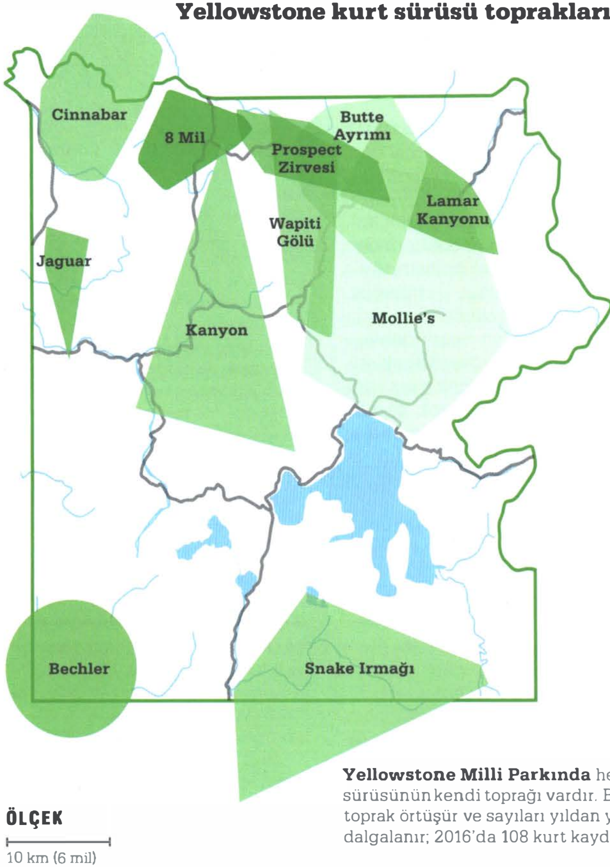
hastalıktan ölürse resiflerin sağlığı hızla bozulur.

Manzara yöneticileri

Afrika çayırlarında filler küçük ve orta boy ağaçları yemek için kırıp parçalayarak savanın çayırlık kalmasına yardım eder ve daha önce ağaçlık olan yeni alanlar açar. Bu yıkıcı davranış zebra, antilop ve öküzbaşlı antilop gibi otlayan hayvanların beslenme habitatının devam etmesine yardımcı olur. Otçuları avlayan yırtıcılara –aslan, çita, sırtlan– ve çayırlık toprakta yuva yapan küçük memelilere de dolaylı olarak yardım eder. Filler olmasaydı bu hayvanlar kısa sürede yok olurdu. Filler aynı zamanda çok önemli tohum saçıcıdır; sindirilmeyen tohumlar bağırsaklarından geçer, dışkıyla birlikte dışarı atılır ve daha sonra yeşerir. Tüm Batı Afrika ağaç türlerinin üçte bir kadarı tohumlarının saçılması bakımından fillere bağımlıdır. Filler diğer birçok türün yararlandığı su çukurları da açar ve kalıcı hale getirirler.

Ormanda yaşayan Asya fillerinin benzer bir rolü vardır. Güneydoğu Asya'da ağaçlık alandaki boşlukları ve açıklıkları parçalayıp ormanın tepe örtüsünde yeni delikler açarlar. Gölgelenmeyen bu alanlarda yetişen yeni bitkiler ormanın bitki ve hayvan çeşitliliğine katkıda bulunur ve daha geniş bir hayvan yelpazesinin yaşamasına yardımcı olur.

Yellowstone kurt sürüsü toprakları



Yellowstone Milli Parkında her kurt sürüsünün kendi toprağı vardır. Birçok toprak örtüşür ve sayıları yıldan yıla dalgalanır; 2016'da 108 kurt kaydedildi.

Kilittaşı yırtıcılar

Denizsamuru, Kuzey Amerika'nın Pasifik kıyısı sularında yaşayan bir deniz memelisidir. 18. ve 19. yüzyıllarda kürkleri için yaygın bir biçimde avlandılar. 20. yüzyılın başında birçok alanda silindiler ve toplam nüfuslarının 2.000'inden az olduğu sanılıyordu. 1911'den beri yasal koruma, sayılarında yavaş bir artışa yol açtı.

Denizsamurları önemlidir çünkü çok miktarda denizkestanesi yerler. Deniz tabanında yaşayan bu omurgasızlar deniz yatağında yetişen laminaryanın alt saplarını otlar, laminaryanın sürüklenip ölmesine neden olur.

> Kıyı kuşağında her tür, denizsamurlarının ekolojik etkilerinden şöyle ya da böyle etkilenir.
>
> **James Estes**
> ***Amerikab deniz biyoloğu***

İngiltere'ye yeniden kunduz kazandırma



Kunduzlar İngiltere'de 400 yıl önce silindi ama bu kilittaşı memelinin oynadığı yararlı rol şimdi daha iyi anlaşılıyor. Kunduzlar ekoloji mühendisidir, baraj ve kanal inşa ederler, varlıkları biyolojik çeşitliliği artırır.

2009'da, İskoçya'daki Knapdale ormanına 11 kunduz bırakıldı ve 2011'de Devon Wildlife Trust (Devon Yaban Hayat Vakfı) etrafı çitle çevrili bir alana bir çift kunduz bıraktı. Çevre üzerindeki etkilerini test etmek için her ikisi de izlendi. Knapdale ormanında kunduzların barajları, bir gölün su seviyesini değiştirdi; Devon kunduzları Tamar ırmağının kaynakları üzerinde birçok baraj inşa edip 13 yeni tatlı su havuzu yarattı ve çevre alanı sulaklaştırdı.

Devon'da kunduzların yarattığı baraj alanları yosun türlerinin sayısında bir artışa yol açtı ve sucul omurgasızlar yelpazesi 14 türden 41 türe yükseldi. Uçan böceklerin artan sayısı da yarasa çeşitliliğini geliştirdi; ülkede ender bulunan iki yarasa türü bölgeye çekildi. Şimdi İngiltere'de daha fazla kunduz kazanma planları yapılıyor.

Ne var ki, laminarya yok olursa onunla beslenen birçok deniz omurgasızı da yok olur. Laminarya "ormanları" aynı zamanda çok miktarda karbondioksit emer ve su akıntılarını yavaşlatarak kıyı şeridinin fırtına kabarmalarına karşı korunmasına yardımcı olur. Bu nedenle açık kıyı boyunca denizsamurlarının laminaryaya sunduğu koruma özellikle önemlidir.

Bazı kilittaşı türler, denizsamurundan farklı olarak, besin zincirinin tepesinde "uç" yırtıcıdır – bozkurt gibi. 1995'ten önce Yellowstone Milli Parkında en az yetmiş yıldır bozkurt görülmemişti. Amerikan geyiği parkta yaygındı ama yalnızca tek bir kunduz kolonisi vardı. O yıl parka 31 kurt sokuldu ve 2001'de sayıları, büyük ölçüde yiyecek geyik bolluğundan ötürü, 100'ü geçti.

Parkta kurt varlığı, geyikleri daha hareketli olmaya zorladı. Hep tercih edilen yerlerdeki söğüt, titrek kavak ve Kanada kavağı ağaçlarını yemek yerine geyikler dolaşmaya başladı; bitkilerin canlanmasına olanak verip kunduz gibi diğer otçullara bir besin kaynağı sağladı. 10 yıl içinde kunduz kolonilerinin sayısı birden dokuza çıktı. Kunduz barajları sulak alanların canlanmasına yardımcı oldu ve sulak alan yaban hayatı gelişti. Geyik leşlerindeki artış birçok küçük leş yiyicinin yanı sıra özellikle çakal, kızıl tilki, bozayı, altın kartal, kuzgun ve saksağan gibi leşçilere de yararı oldu.

Jaguarlar, Güney ve Orta Amerika ormanlarında 85'i aşkın türü avlayan uç yırtıcıdır. Verili bir alanda çok az sayıda jaguar bulunmasına rağmen diğer yırtıcıların – kaymanlar (Güney Amerika timsahları), yılanlar, büyük balıklar ve büyük kuşlar gibi– ve kapibara ve geyik gibi otçulların sayısı üzerindeki etkisi ekosistemleri üzerinde aşağı doğru bir dalgalanma sonucu doğurur. Kontrolsüz bırakılan otçullar bitkilerin çoğunu yiyebilir ve diğer birçok türün bağımlı olduğu habitatı yok edebilir.

Kilittaşı bitkiler

Kilittaşı türler yalnızca hayvanlardan ibaret değildir. Çoğunluğu tropikal ormanlarda olmak üzere yaklaşık 750 türü bulunan incir ağacı, bunun bir örneğidir. Tropikal orman habitatında etli-meyveli pek çok bitki türü her yıl bir ya da iki olgunlaşma doruğunu paylaşır. İncir ağaçları yıl boyunca meyve taşır ve diğer ağaçlar meyvesizken birçok hayvanın geçimini sağlar. Dünyanın kuş türlerinin yüzde 10'undan fazlasının ve memelilerin (toplam 1.274 türün) yüzde 6'sının incir yediği biliniyor; bunun dışında az sayıda sürüngen, hatta balıklar da incir yer. Bu yüzden incir ağaçları meyve yiyen türler için yaşamsal bir destek mekanizması sağlar. İncir ağaçları olmasa meyve yarasaları, kuşlar ve diğer yaratıklar azalır ya da yok olurlardı. ■

> "Çayırköpeği gibi kilittaşı bir türü koruyarak, ekosistemi korumanın değeri konusunda halk eğitilebilir."
>
> **Brian Miller**
> ***Amerikalı çevrebilimci***



TOPLAYICI BİR HAYVANIN ZİNDELİĞİ YETERLİLİĞİNE BAĞLIDIR

OPTİMAL TOPLAYICILIK TEORİSİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Ronald Pulliam (1945–),
Graham Pyke (1948–),
Eric Charnov (1947–)

ÖNCE
1966 John Merritt Emlen, Robert MacArthur ve Eric Pianka, *American Naturalist* dergisinde yayımlanan iki makalede optimal toplayıcılık kavramının ana hatlarını çizer.

SONRA
1984 Arjantinli-İngiliz zoolog Alejandro Kacelnik marjinal değer teoremini (MDT) açıklamak için sığırcıkların toplayıcılık davranışını araştırır.

1986 Belçikalı çevrebilimci Patrick Meire poyraz kuşlarının av seçimini araştırır.

1989 İsviçreli çevrebilimciler T.J. Wolfe ve Paul Schmid-Hempel arıların taşıdığı nektar ağırlığının arıların toplayıcılık davranışını nasıl etkilediğini inceler.

Yeryüzünde her bitkinin ve hayvanın hayatta kalmak için kaynaklara ihtiyacı vardır. Bitkiler besinlerini ve suyu topraktan alır; Güneş ışığı fotosentez için gerekli enerjiyi sağlar. Hayvanlar yiyecek bulmak için genellikle sıkı çalışmak zorundadır – hareket etmeleri gerekir ve bu fazladan kaynak kullanır. Optimal toplayıcılık teorisi (OTT), hayvanların fazladan enerji kullanmaktan kaçınmak için kaynakları en verimli biçimde toplamaya çalıştıklarını öne sürüyor. Yiyecek aramak ve yakalamak enerji ve zaman alır. Hayvan optimal zindeliğe ulaşmak için minimum çabayla maksimum yarar elde etmelidir. OTT, bir hayvanın bu hedefe ulaşmak için kullanabileceği en iyi stratejiyi öngörmeye yardım eder.

> Av kıtsa yemek listeleri geniş, yiyecek bolsa dar olmalıdır
> **Eric Pianka**

Toplayıcılık teorileri

Vahşi hayvanların toplayıcılığına ilişkin ilk teori 1960'ların ortasına kadar ortaya çıkmadı; o tarihlerde Amerikalı Robert MacArthur ve Eric Pianka yiyebilecekleri bir dizi yiyecek bulunduğu halde hayvanların genellikle birkaç tercihli av tipiyle kendilerini neden sınırladığı sorusunu inceledi. Doğal seçilimin, davranışlarıyla toplayıcılık için harcanan birim zaman başına net enerji alımını maksimum düzeye çıkaran hayvanları kayırdığını öne sürdüler. Bir hayvanın toplayıcılık zamanı av arayışını ve yiyeceğin öldürülüp yenmesini (uğraşma süresi) içerir.

Bu düşünceler ABD'li çevrebilimciler Ronald Pulliam ve Eric Chamov ile Avustralyalı çevrebilimci Graham Pyke tarafından geliştirildi. Öyle görünüyor ki OTT, en çok hareketsiz av arayan hareketli avcı-toplayıcılar için işe yarıyor ve bazı araştırmacılar av hareketli olduğunda daha az işe yarar olduğuna inanıyor.

Anahtar seçimler

Hayvanlar ne tür yiyecekler yiyeceklerini seçmelidir ve bu nadiren apaçık-

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Mutualizmler 56–59

> Hayvanların bulunabilir kaynaklarla ilgili beklenen davranışı, toplulukların... biyotik yapısını... öngörmek için kullanılabilir.
> **Ronald Pulliam**

tır. Örneğin, Amerikalı çevrebilimciler Howard Richardson ve Nicolaas Verbeek, British Columbia'nın gelgit kuşağında deniztaraklarıyla beslenen kuzeybatı kargalarını inceledi. Kargalar çamurdan deniztarağı kazıp çıkarmak, kabuklarını açmak ve içindeki hayvanı yemek için çok çaba harcıyordu. Çevrebilimciler daha küçük deniztaraklarının açılmadığını fark ettiler ve kargaların, uğraşma süresi ile yenebilir yiyecek arasında bir enerji takası yapmak zorunda kaldıkları sonucuna vardılar. Küçük deniztaraklarını açmak için gerekli zaman ve enerji daha büyük başka bir deniztarağı kazıp çıkarmak için harcanandan daha iyiydi. Poyrazkuşları ve midyelerle ilgili yapılan benzer bir araştırma en büyük midyelerin bırakıldığını bulguladı – daha kalın kabukları vardı, bu nedenle açılmaları daha zordu. Poyrazkuşları daha küçük olmalarına rağmen ince kabuklu midye arayarak daha çok fayda sağlıyordu.

Hayvanlar nerede ve ne zaman beslenecekleri konusunda da seçim yapmalıdır. Örneğin, bir sığırcık uygun bir çayırlığın bir yerinde ne kadar çok zaman harcarsa av bulması o kadar zor olur; bu nedenle o ne zaman bölümden ayrılıp başka bir bölüme geçeceğine karar vermelidir – "marjinal değer teorimi" olarak bilinen şeyin bir örneği. Toplayıcı hayvanlar yırtıcıların varlığı, aynı besin için rekabet eden hayvanların sayısı ve insan faaliyetinin etkisi gibi bir dizi faktörü de hesaba katmalıdır. ■



Poyrazkuşları temel besin kaynağı olarak midyelere bağımlıdırlar. Bu kabuklular olmasa daha uzak adalara yiyecek toplamaya gitmek zorunda kalırlar.



Yankıyla yer belirleyen yarasalar

Teknolojik ilerlemeler, hayvanların avlanma stratejilerinin araştırılmasına büyük ölçüde yardımcı oldu. Böcek yiyen yarasalar (küçük yarasalar olarak bilinir) güve ve tatarcık gibi karanlıkta uçan böceklerin yerini belirlemek ve kovalamak için yankıyla yer belirlemeyi (ekolokasyon) kullanır. Japon bilim insanlarından oluşan bir ekip mikrofon dizisi ölçümlerini ve matematiksel modelleme analizini kullanarak yarasaların beslenme davranışını incelemeye koyuldu. Araştırmacılar yarasaların ekolokasyon çağrılarını ve uçuş yollarını kaydetti ve yarasaların sonarlarını yalnızca yakın avlarına değil, sıraya koydukları bir sonraki hedefe de yönelttiklerini keşfetti.

Ekip yarasaların becerikli satranç oyuncuları gibi, iki adım sonrasını planlamalarına olarak verecek uçuş yollarını tercih ettiklerine ilişkin kanıtlar da buldu. Hayvanlar yalnızca birden çok avı hedefleyerek enerji girdisini maksimum düzeye çıkarmakla kalmıyor, böceklerin peşinde uçtukları mesafeyi azaltarak enerji çıktılarını da maksimum düzeye çıkarıyorlardı. Bu davranış optimal toplayıcılık teorisine uygundur.

PARAZİTLER VE PATOJENLER YIRTICILAR GİBİ POPÜLASYONU KONTROL EDER

EKOLOJİK EPİDEMİYOLOJİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Roy Anderson (1947–),
Robert May (1936–)

ÖNCE
1662 İngiliz istatistikçi John Graunt, *Natural and Political Observations Made upon the Bills of Mortality*'de Londra'daki ölümlerin nedenlerini sınıflandırmaya çalışır.

1927 İskoç bilim insanları Anderson Gray McKendrick ve William Ogilvy Kermack enfekte, enfekte olmayan ve bağışık bireyler için bir salgın modeli geliştirir.

SONRA
1996 Amerikalı epidemiyolog James S. Koopman hastalık oluşumunu ve yayılmasını taklit etmek için bilgisayar teknolojilerinden daha fazla yararlanma çağrısında bulunur.

2018 Küresel bir ekip, kurbağa popülasyonlarını mahveden bir mantarın kökeninin ve yayılmasının izini sürer.

Epidemiyoloji, hastalığın bir nüfusa nasıl yayıldığının incelenmesidir. İlk kullanımları insan hastalıkları içindi ama yöntemleri, diğer organizmaların popülasyonlarını modellemenin de etkili bir yolu olarak kabul edildi.

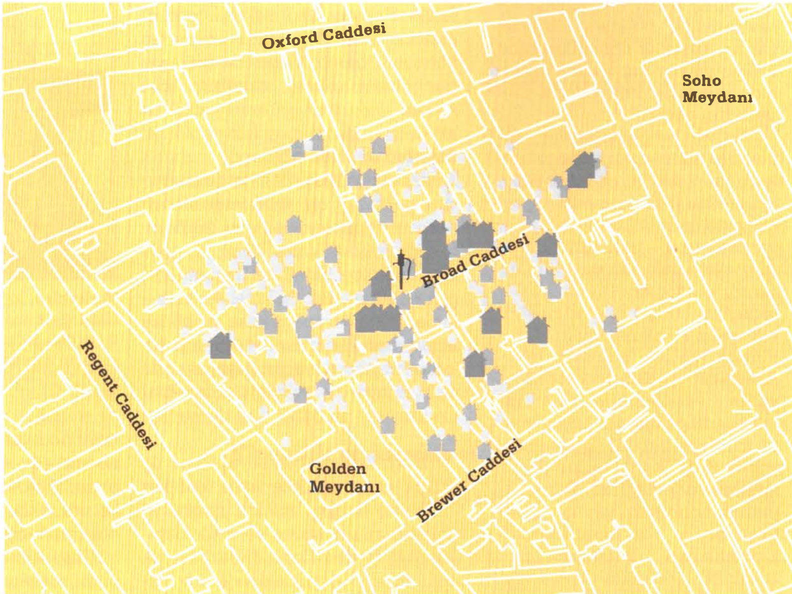
Çevrebilimciler bir hayvan ya da bitki popülasyonunun büyüklüğünün ve büyüme hızının besinin bulunabilirliğine, yaşam alanına ve predasyon düzeylerine bağlı olduğunu uzun süredir biliyorlardı. 1970'lerde İngiliz epidemiyolog Roy Anderson ve Avustralyalı bilim insanı Robert May, parazitlerin ve bakteri ve virüs gibi patojenlerden kaynaklanan enfeksiyonların bir popülasyonunun büyüklüğünü nasıl sınırladığını gös-

Ayrıca bkz: Mikrobiyolojik çevre 84–85 ▪ Mikrobiyoloji 102–103 ▪ Mikorizaların her yerdeliği 104–105 ▪ Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi 156–157

1854'te Londra'da koleradan ölümlerin haritası

ANAHTAR

- 1–4 ölüm
- 5–9 ölüm
- 10–15 ölüm
- Broad Caddesi pompası



1854 kolera salgınında Londra'daki ölümler merkezi pompayla ilişkilendirildi; pompanın suyuna, hasta bir ailenin atık suyunun karıştığı tespit edildi.

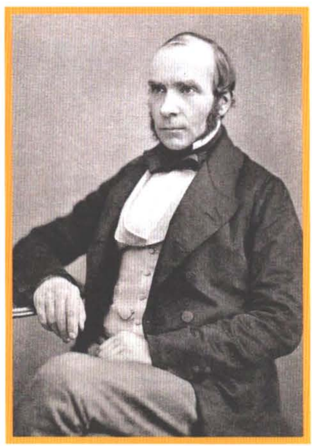
...erdi. Örneğin, yabani koyunlarda ölümün başlıca nedeni akciğer kurtlarıdır ve pek çok vahşi kuş virüs kaynaklı enfeksiyonlardan ölür.

Ekolojide hastalığın etkilerinin kapsamlı sonuçları vardır. Okyanus bakterilerinin yüzde 40 kadarı her gün virüsler tarafından öldürülmektedir. Bu durum, bir "viral hat değiştirme" neden olur; çünkü aksi takdirde, besin zincirinden akıp tüketicilere ulaşacak besinler tekrar besin zincirinin dibine döner.

Başlangıç

Epidemiyolojinin başlangıcı 1854'te Londra'nın Soho semtinde bir kolera salgınına tanık olan hekim John Snow'un çalışmalarına dayanır. O sırada hastalığa ölülerin ve ölmekte olanların vücudundan yayılan miyasmanın –havadaki bir tür zehirli buhar– neden olduğu düşünülüyordu. Snow bu teoriyi sorgulayan ilk kişi değildi ama kolera vakasında özellikle kuşkuluydu.

1854'te Soho'nun bir haritası üzerinde her kolera vakasının yerini işaretledi ve hastalığa yakalanan ailelerin, sularını Broad caddesindeki (daha sonra adı Broadwick yapıldı) bir pompadan aldığını



İngiliz doktor John Snow, koleranın suyla bulaştığına ilişkin inancını kabul ettirmek için kurulu düzenle savaştı. Tıp dergisi *The Lancet* sonunda 1866'da onun haklı olduğunu kabul etti.

Bitki hastalıklarında kuraklığın rolü

Hastalık yapan diğer ajanlar gibi bir bitki patojeninin (hastalık yapan ajan) de bulaşacağı savunmasız bireylere ihtiyacı vardır. Kuraklık dönemleri bitki üreme ve büyüme hızını yavaşlatır, dolayısıyla hastalığın yaygınlığını azaltır.

Ne var ki, çoraklık aynı zamanda bitkileri zayıflatır ve kuru koşullarda gelişen patojenlere karşı savunmasız yapar. Bu patojenler tahıl ürünlerinin yapraklarına, baklagillere ve meyvelere saldıran çeşitli mantar türlerini içerir. Bu mantarlar toprakta katılaşmış mikroskobik cisimler olarak uyku durumunda hayatta kalmaya uyarlanmıştır. Kuru toprakta yıllarca var olabilirler ama toprak ıslanınca mantar birkaç hafta içinde bir konak bulmalıdır, yoksa ölür. Konaklarını öldürmek zorunda değiller. Yakın zamanda nohutlarla yapılan araştırmalar bu tür mantarlardan kaynaklanan enfeksiyonların kurak bir dönemde ortaya çıkmasına rağmen hastalıklı bitkilerin ölüm oranının kuraklık sırasında düştüğünü gösteriyor.



Bir yaz kuraklığı, yeni arpa bitkilerinin seyrek büyümesine neden olur. Nemden yoksunluk ve aşırı sıcak, köklerine saldıran mantarlara dirençlerini azaltır.

gördü. Pompayı kapattırdı ve salgın hemen son buldu. Bu, koleranın suyla taşınan, mikroplu yiyecek ve içecekle insanlara bulaşan bir hastalık olduğunu gösterdi. On yıl sonra Louis Pasteur'ün "mikrop teorisi" genel çürümenin ve bozulmanın yanı sıra hastalıkların da mikroorganizmaların eseri olduğunu öne sürdü.

Hastalık modeli

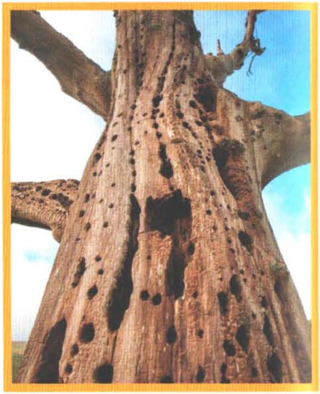
Anderson ve May, 1970'lerdeki araştırmalarında, bir mikroorganizmanın bir popülasyonu nasıl etkileyebildiğini göstermek için ilk önce matematiksel bir model inşa etmeye odaklandılar. Bu, bakteri ve virüslerden parazit kurtçuklara ve böcek larvalarına kadar farklı türden patojenlerin gerçek yaşamdaki etkisini açıklamaya yardımcı olacağını umdukları bir dizi denkleme yol açtı.

Modellerinde çok sayıda fare üç gruba ayrıldı: Riske açık (enfekte olmayan) fareler, enfekte fareler ve enfeksiyonu atlatmış ve artık bağışık olan fareler. Daha önceki birçok epidemiyolojik modelden farklı olarak toplam popülasyon sabit bir sayı değildi; fareler ya üremeyle ya da diğer popülasyonlardan eklemelerle çoğalabiliyordu. Fareler doğal nedenlerle de ölüyordu. Hastalık olmadığında toplam az çok aynı kalırdı; eklenen fare oranı ölen fare oranını dengeliyordu.

> Matematiksel modeller duyarlı kullanılınca şeyler hakkında kesin bir şekilde düşünmek için kullanılan araçlardan ne eksik, ne fazladır.
>
> **Roy Anderson and Robert May**

Basitlik olsun diye model, hastalığın enfekte fareler ile enfekte olmayan fareler arasındaki temasla geçtiğini varsayıyordu. Enfekte farelerin tümü ölmeyecekti; bu nedenle model bir iyileşme oranı da içeriyordu. İyileşen fareler en azından başlangıçta bağışıklık kazanacaktı. Virüslere bağışıklık az çok ömür boyudur ama zaman geçtikçe aynı bakteriyel enfeksiyon riskine tekrar açık olmak olanaklıdır. Bu nedenle hesaplamalara bir bağışıklık kaybı oranı da dahil edildi.

Bütün bunları bir araya getiren Anderson ve May, başlangıçta enfekte olmamış ama olma riski taşıyan fareler, enfekte fareler ve hastalığı atlatıp bağışıklık kazanmış farelerden oluşan üç gruptaki popülasyon değişikliği hızını öngörmek için bir dizi denklem üretti. Bu denklemler toplanıp toplam fare



Yorkshire, İngiltere'de harap bir ağaç. Hollanda karaağaç hastalığının, kazayla Asya'dan Avrupa'ya ve Amerika'ya sokulan karaağaç kabuğu böceklerinin yaydığı bir mantarın etkilerini gösteriyor.

> Enfeksiyonları kısa ve bağışıklığı uzun olan kızamık ve kızamıkçık gibi hastalıklar, epidemi örüntüleri sergileme eğilimindedir.
>
> **Roy Anderson**

popülasyonunun değişim hızı verilebilirdi. Hesaplamalarından, denge noktası (doğal ölüm oranıyla dengelenen yeni eklenenler oranı) doğal ölüm, hastalıktan ölüm, iyileşme ve bulaşma oranının birleşik etkilerinden büyük olan bir popülasyonda hastalığın devam edeceği sonucunu çıkardılar. Hastalık varken bu denge noktası popülasyon hastalıksız olması durumunda olduğundan daha düşük olur. Ama hastalıktan etkilenen bir popülasyonun denge noktası ölümlerin, iyileşmelerin ve bulaşma hızının birleşik etkilerinden daha düşükse, hastalık yok olur. Popülasyon hastalıktan kurtulunca denge noktası eski düzeyine döner.

Gerçek Dünya'yla eşleştirme

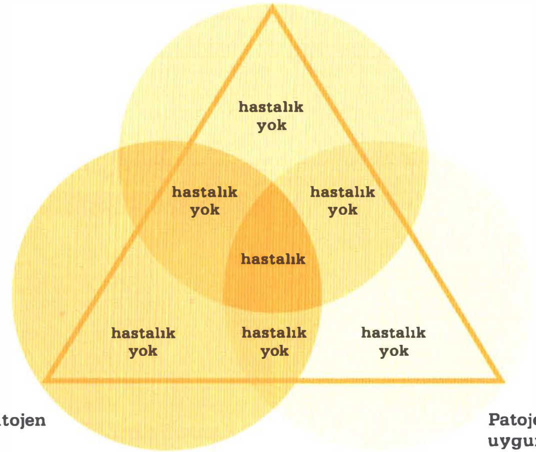
Anderson ve May modellerinin gerçek bir popülasyonun doğru bir öngörücüsü olduğunu göstermeliydi. Bakteriyel pastörelloz hastalığına yakalanmış laboratuvar fareleriyle ilgili bir incelemeden alınan verileri kullanarak bunu gösterdiler; veriler farklı oranlarda birey eklemenin popülasyon üzerindeki etkisini de içermekteydi. Gözlemlenen veriler öngörülerini doğruluyordu; bu nedenle iki bilim insanı hipotetik değerlerin etkilerini irdeleyebildi. Örneğin, eklenen farelerin oranı en yüksek olduğunda hastalığın nüfusun sayısını en fazla oranda etkilediğini gördüler. Bu durum yüksek üreme oranına (çok sayıda enfekte olmayan yavruya) sahip türlerin popülasyonunda endemik hastalıkların olmasının çok olası olduğunu ve daha yavaş üreyen türlere kıyasla düşük sayılar sergilediğini gösterir. Farklı yoğunlukta hastalıkların popülasyon üzerindeki farklı etkilerini de araştırdılar.

Popülasyonun enfeksiyon düzeyinin istikrarlı kaldığı endemik hastalıklardan farklı bir şekilde, tüm enfekte olan ve olmayan üyelerin büyüme oranı, hastalığın neden olduğu ölüm oranına göre düşük olunca popülasyonda salgın hastalıklar görülür. Enfeksiyon sayıları hızla maksimum düzeye çıkar, ardından düşer. Bir hastalık özellikle ölümcül olmadığı ama popülasyonun büyüme hızını yavaşlattığında da salgın oluşur; kızamık ve suçiçeği gibi insan hastalıklarında bu durum gerçekleşti.

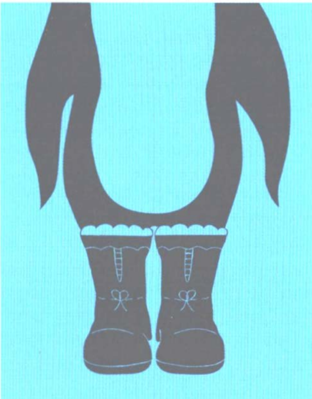
Teoriyi uygulama

Hastalığın özellikleri ve hayvan ve bitki popülasyonları üzerindeki etkilerinin ekolojik önemi artmaktadır. Örneğin gıda üreticileri, parazitlerin doğasına ve tarım ürünlerini ve çiftlik hayvanlarını etkileyebilen hastalıkların dinamiklerine ilişkin araştırmalardan yararlanır. Çevre korumacılar da egzotik hastalıkların ve istilacı parazitlerin kırılgan ekosistemleri nasıl etkileyebileceğini öngörmek için epidemiyolojiyi kullanır. ■

Ekolojik epidemiyolojinin Venn şeması



Bir patojen, çemberlerin kesiştiği yerde görüldüğü gibi, enfeksiyona elverişli bir çevrede uygun bir konak bulunca etkili olur. Örneğin ishalli hastalıklar sağlıksız koşullarda hasta insanlar arasında hızla yayılır.



PENGUENLERİN AYAKLARI NEDEN DONMAZ?

EKOFİZYOLOJİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Knut Schmidt-Nielsen
(1915–2007)

ÖNCE
1845 Kâşif Alexander von Humboldt benzer ekolojik faktörlerle karşılaşan bitkilerin birçok benzer özelliğe sahip olduğunu açığa çıkarır.

1859 Charles Darwin organizmaların değişen ekolojik koşullara uyum sağladıkları için evrimleştiklerini öne sürer.

SONRA
1966 Avustralyalı biyokimyacılar Marshall Hatch ve Charles Slack en yaygın bitkilerin en etkili şekilde fotosentez yapanlar olduğunu açıklar.

1984 İngiliz bilim insanı Peter Wheeler insanın iki ayak üzerinde yürümesinin, vücudun doğrudan Güneş ışığına maruz kalmasını azaltan ısı düzenleyici bir adaptasyon olarak evrildiğini öne sürer.

Darwinci evrimin temel ilkesine göre, basit bakterilerden karmaşık memelilere kadar tüm organizmalar doğal seçilimle, belirli bir nişte ve habitatta hayatta kalmaya uyarlanmıştır. Ekofizyoloji –esin kaynağı, Knut Schmidt-Nielsen'ın *Animal Physiology* (1960) kitabıdır– bir organizmanın anatomisini ve işleyişini (fizyolojisini), bu özelliklerin çevrenin meydan okumalarıyla nasıl ilişkili olduğunu inceler. Bir hayvanın ya da bitkinin anatomisinin hayatta kalma yeteneğiyle, dağılımıyla, bolluğuyla ve doğurganlığıyla nasıl ilişkili olduğunu gösterir. Bugün ekofizyoloji bilim insanlarının, iklim değişikliğinin yarattığı streslerin hem yabanıl ekosistemleri hem kültürlü çevreleri nasıl etkilediğini anlamalarında önemli bir rol oynuyor.

> Fizyolojik bakış açısına göre, tatlı su çölde ne kadar rahat bulunursa denizde de o kadar rahat bulunur.
> **Knut Schmidt-Nielsen**

Isıyı yönetme

Ekofizyoloji farklı çevrelere özgü bir çok adaptasyonu ortaya çıkardı. Örneğin, daha soğuk bölgelerde yaşayan hayvanlar daha sıcak iklimlerde yaşayan akraba türlerden daha büyük gövdelere ve daha küçük bacaklara, kulaklara ve kuyruklara sahip olma eğilimindedir. Daha büyük bir gövdenin daha küçük bir yüzey alanı-kütle oranı vardır ve bu yüzden yavaş ısı kaybeder, daha küçük ikincil organlar ise donma riskini azaltır.

En aşırı soğuklarda sıcakkanlı bir hayvanın ayakları, donup yere yapışma riski taşır. Misköküzü ve kutupayısı gibi kutup bölgelerinde yaşayan memeliler, ayaklarını yalıtan sık kıllara sahip olarak bu koşullarda yaşamaya uyarlanmıştır.

Antarktika'da penguenlerin ayaklarının alt tarafı, kalın bir yağ tabakasıyla yalıtılmıştır. Penguenlerin bacaklarında bir ısı değişimi (ya da karşı akım) mekanizması vardır. Gövdeden gelen

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Ekolojik nişler 50–51 ▪ Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Ekolojik stokiyometri 74–75

sıcak kan, ayaklardan gelen kan tarafından 0°C'ye kadar soğutulur; süreç içinde ayak ısısı vücut sıcaklığına yaklaşır.

Afrika'daki ceylanlar vücut sıcaklıklarını soğutmak için benzer bir karşı akım sistemi kullanır. Kafalarına giren kanı soğutabiliyorlar, bu durum, aşırı sıcak yırtıcılar karşısında onlara avantaj sağlar. Develerin burun boşluğunda, nefeslerinde kaybolan su miktarını azaltan bir ısı değişimi sistemi vardır. Sıcak, kuru hava içeri alınır ve akciğerlere gitmeden önce burnun içinde nemlenir. Dışarı verilen hava dışarıdaki havadan çok daha soğuktur, bu yüzden taşıdığı nem burnunda yoğunlaşır. Bu, alınan bir sonraki nefesi soğutmak için gerekli soğuk, nemli koşulları yaratır.

Gelecek meydan okumalar

Bugün ekofizyoloji bitkilere, mantarlara ve mikroplara giderek daha fazla odaklanıyor. Hayvanlar gibi onlar da hayatta kalmak için uyarlanmak zorundadırlar – ve onları incelemek, ticari ve koruma amaçlı yaşamsal keşifler olasılığı sunuyor. ■

İmparator penguenler kısmen, vücutları sert çevreye uyum sağlayacak şekilde evrimleştiği için dondurucu Antarktika ısısına dayanır.





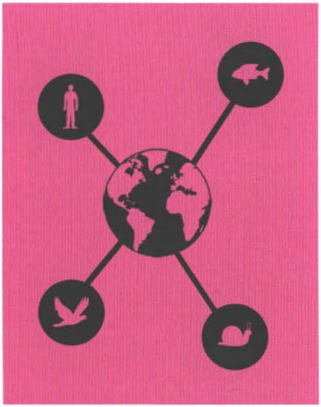
Knut Schmidt-Nielsen

Knut Schmidt-Nielsen, Norveç'in Trondheim kasabasında büyüdü. Hayvan fizyolojisinin habitatla ilişkisine merakını Knut doğmadan yıllar önce binlerce dilbalığı (deniz balığı) yavrusunu bir tatlı su gölüne bırakan dedesinden aldı. Tatlı suya bırakılan yavrular büyüdü, ama üreme fizyolojileri tuzlu suda yaşamaya uygun olduğu için üreyemediler.

Schmidt-Nielsen 1954'te Kuzey Carolina'da Duke Üniversitesine girdi. Çöl hayvanlarını koymak için klimalı bir mekân inşa etti; orada develerin, çöl farelerinin ve uzun süre susuz yaşayabilen diğer türlerin anatomisini inceledi. Kuşların solunum sistemlerini ve balıkların batmazlığını da araştırdı. 1960'da yayımladığı ders kitabı *Animal Physiology* hâlâ klasik bir eserdir.

Önemli Eserleri

1960 *Animal Physiology*
1964 *Desert Animals*
1972 *How Animals Work*
1984 *Scaling*
1998 *The Camel's Nose: Memoirs of a Curious Scientist*



HER YAŞAM KİMYASALDIR

EKOLOJİK STOKİYOMETRİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Robert Sterner (1958–),
James Elser (1959–)

ÖNCE
1840 Alman biyolog ve kimyacı Justus von Liebig tarımsal verimlilik üzerindeki sınırlamaların öncelikle kimyasal olduğunu iddia eder.

1934 ABD'li denizbilimci Alfred Redfield planktonlardaki ve deniz suyundaki karbon, nitrojen ve fosforun atom oranlarını (C:N:P) ölçer ve tüm okyanuslarda görece tutarlı olduğunu bulgular. Redfield Oranı kısa sürede tüm habitatlarda bu tür araştırmaların ölçütü olur.

SONRA
2015 "Okyanus Stokiyometrisi, Küresel Karbon ve İklim" başlıklı makalede Robert Sterner düşük besinli, düşük rakımlı okyanus yüzey sularında daha fazla atmosferik karbon emen fitoplanktonlardaki C:N:P oranlarındaki tutarsızlıkları belirtir ve oranları buna uygun olarak düzeltir.

Her canlı organizma –minik bir okyanus alginden heybetli bir sekoya ağacına kadar– çeşitli oranlarda kimyasal elementlerden oluşur. Ekolojik stokiyometri, bu elementlerin dengesini ve kimyasal reaksiyonlar sırasında oranların nasıl değiştiğini irdeler. Bu tür oranları incelemek canlı dünyanın nasıl çalıştığına ışık tutar; organizmaların yaşam için ihtiyaç duydukları besinleri ve diğer kimyasalları çevrelerindeki kaynaklardan nasıl edindiklerini açığa çıkarır. Ekolojik stokiyometri alanını ilk kez Amerikalı biyologlar Robert Sterner ve James Elser kapsamlı bir biçimde açıkladı; Ecological Stoichiometry'de (2002), moleküllerden ve hücrelerden bireysel bitkilere ve hayvanlara, popülasyonlara, topluluklara ve ekosistemlere kadar her düzeyde uygulamasını ispatlamak için matematiksel modeller kullandılar.

> Bireysel organizmalar da yaşam döngüleri süresince stokiyometri farklılıkları gösterir. Genç organizmaların yaşlı organizmalardan farklı bileşimleri olabilir...
>
> **Robert Sterner and James J. Elser**

Anahtar kimyasallar

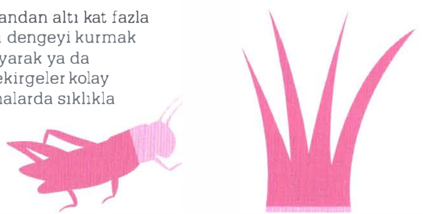
Ekolojik araştırmalarda incelenen üç ana element karbon (C), nitrojen (N) ve fosfordur (F); bunların her biri yaşamsal bir rol oynar. Karbon tüm yaşamın temel yapıtaşlarından biridir ve birçok kimyasal sürecin önemli bir parçasıdır. Nitrojen tüm proteinlerin önemli bir bileşenidir; fosfor ise hücre gelişimi ve enerji depolamak için can alıcıdır.

Bir organizmanın C:N:P oranının tutarlı olması zorunlu değildir. Bitkilerin değişken bir oranı vardır: Elementlerinin dengesini çevrelerine göre ayarlayabilirler. Örneğin, kimyasal yapılarındaki karbon oranı özellikle güneşli bir günde daha fazla fotosentez gerçekleştiği için yükselebilir – fotosentez, bitkilerin havadan karbondioksit alma ve Güneş enerjisini kullanarak, ihtiyaç duyduğu besinlere dönüştürme sürecidir. Besin zincirinde yukarıda

Ayrıca bkz: Ekofizyoloji 72–73 ▪ Besin zinciri 132–133 ▪ Ekosistemlerden enerji akışı 138–139 ▪ Bitki ekolojisinin temelleri 167

Ekolojik stokiyometri oranlarının kontrolü

Bir çekirge ihtiyacı olan orandan altı kat fazla karbon içeren otu yer. Doğru dengeyi kurmak için çekirge karbonu dışkılayarak ya da karbondioksit olarak atar. Çekirgeler kolay üremeleri sebebiyle araştırmalarda sıklıkla kullanılmaktadır.



ANAHTAR

■ Karbon ■ Nitrojen

ÇEKİRGELER OT

olan hayvanların büyük ölçüde sabit C:N:P oranları vardır; bu nedenle vücuda giren kimyasalların dengesizliğiyle başa çıkmak için çeşitli mekanizmalar kullanmalıdırlar. Örneğin, bir böcek ya da otçul hayvan yediği bitkilerden gereğinden fazla karbon alıyorsa sindirim enzimlerini ayarlayıp dışarı atabilir, yağ olarak depolayabilir ya da metabolizma hızını yükseltip yakabilir, fazla karbonu CO2 olarak nefesle dışarı verebilir. Ne var ki, yüksek bir dengesizliği düzeltmek için bu tür mekanizmaların aşırı kullanılması zindeliği, büyümeyi ve üremeyi etkileyebilir. Diğer hayvanları yiyen bir hayvan bunu yapmak için daha az çalışır; çünkü avının C:N:P oranı zaten onunkine denktir. Bununla birlikte, av popülasyonunun büyüklüğü çevresindeki bitkilerce belirlenir; çünkü yüksek karbon oranına sahip bitkisel besinler yalnızca küçük bir tüketici besin zincirini destekleyebilir.



Dünyamızı anlamak

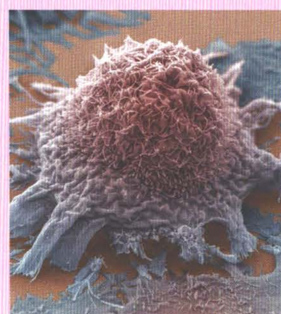
Besin zincirleri bir araştırma alanıdır; ekolojik stokiyometri aradaki tüm bağları ve hemen hemen her şeyi kapsar. Bilim insanları organizmaların kimyasal içeriklerinin ekolojilerini nasıl şekillendirdiğini keşfetmekle çevrenin daha iyi nasıl yönetilebileceğini de öğreniyorlar. Onların bulguları yeryüzündeki yaşamın geleceğini önemli ölçüde etkileyebilir. ■

Sudan çekirgesi (*Schistocerca gregaria*), C:N oranını sürdürmeye yetecek nitrojeni ve fosforu almak için çok miktarda karbon bakımından zengin bitki yemek zorundadır.

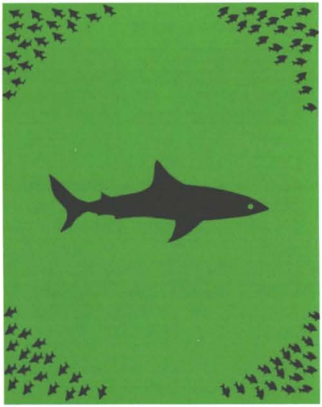
Büyüme Oranı Hipotezi

Kanser araştırmaları şimdi stokiyometrinin kullanıldığı bir alandır. Büyüme Oranı Hipotezi denilen ve bazı kanser tümörlerinin vücudun geri kalan kısmından neden daha hızlı oranda büyüdüklerini açıklamaya yardımcı olması muhtemel bir teorinin lehine kanıtlar artıyor.

Bu hipoteze göre, meyvesinekleri gibi C:P (karbon-fosfor) oranı yüksek olan organizmaların hücrelerinde daha fazla ribozom vardır ve bu da daha hızlı büyümelerini ve üremelerini olanaklı kılar. Bir organizmadaki tüm fosforun yaklaşık yarısı ribozomal RNA (rRNA) biçimindedir; her hücrede vardır, yeni hücreler yapan ve vücudu büyüten proteinleri yaratır. Biyolojik stokiyometriyi uygulayan James Elser ve ekibi hızlı büyüyen tümörlerin normal vücut dokularından çok daha yüksek fosfor içeriğine sahip olduklarını gösterdi. Bu tür araştırmalar bilim insanlarının tümör büyümesini nasıl kontrol edebileceklerini anlamalarına yardımcı olabilir.



Hem habis akciğer dokusunda (burada görülen) hem de kanserli kolon dokusunda, tümörlerin hızlı büyüme oranlarını araştıran incelemelerde en yüksek fosfor içeriği vardı.



KORKUNUN KENDİSİ GÜÇLÜDÜR

YIRTICILARIN, AVLARI ÜZERİNDE TÜKETİCİ OLMAYAN ETKİLERİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Earl Werner (1944–)

ÖNCE
1966 Amerikalı çevrebilimci Robert Paine bir yırtıcının, içinde yaşadığı topluluk üzerindeki etkilerini aydınlatmak için bir dizi çığır açıcı saha deneyi yürütür.

1990 Kanadalı biyologlar Steven Lima ve Lawrence Dill başka yaratıklar tarafından avlanma riskini en fazla taşıyan organizmaların kararlarını analiz eder.

SONRA
2008 Amerikalı davranış biyoloğu ve çevrebilimci John Orrock, Earl Werner ve diğerleriyle bir ekip kurup yırtıcı hayvanların tüketici olmayan etkilerini açıklayan matematiksel modeller üretir.

Ekosistemlere ilişkin birçok açıklama yırtıcıların öldürdüğü ve avın yenildiği yırtıcı-av etkileşimlerine odaklanır. Ama Amerikalı çevrebilimci Earl Werner ve diğerleri bir yırtıcının salt varlığının avın davranışını etkilediğini gösterdi.

Uç yırtıcılar dışında tüm memeliler uyuma, üreme ve beslenme ihtiyacı ile yem olma riskini dengelemelidir. Yırtıcıların ölümcül rolü aşikârdır ama ölümcül olmayan (tüketici olmayan) rolü ekosistem üzerinde daha büyük etki yaratabilir. Potansiyel av, öldürülmekten kaçınmak için yaşam tarzını değiştirmeye zorlanır.

1990'da Werner yeşil iğneli kızböceği larvalarının iribaşlar üzerindeki etkilerini inceledi. Yırtıcı larvalar tanktayken iribaşların daha



Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Ekolojik nişler 50–51 ▪ Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Mutulaizmler 56–59 ▪ Optimal toplayıcılık teorisi 66–67



Bir su birikintisine yumurta bırakan bir yeşil iğneli kızböceği. Yumurtadan çıkan larvalar yırtıcıdır ve avladıkları iribaşların davranışlarını etkiledikleri kanıtlanmıştır.

az aktif olduklarını, tankın diğer bölümlerine yüzdüklerini ve küçükken yetişkinlere dönüştüklerini fark etti. Yırtıcı salt orada olmakla kurbağaların morfolojisini ve davranışını değiştirmişti.

1991'de Werner birden fazla av türü işin içine girdiğinde ne olacağını araştırdı. Bir yırtıcının yokluğunda, boğa kurbağası iribaşları ile yeşil kurbağa iribaşları fiilen özdeş oranda büyüdüler. Ama tanka yırtıcı kızböceği larvaları sokulunca her iki av türü daha az aktifleşti ve yüzmek için farklı yerler seçti. Boğa kurbağası iribaşları yırtıcısız tankta olduğundan daha hızlı büyüdüler ama yeşil kurbağa iribaşları beslenme faaliyetlerini azalttı ve daha yavaş büyüdüler. Werner şu sonuca vardı: Av türler için olabildiğince hızlı büyüme ihtiyacı ile yem olma riski arasında bir takas vardı. Daha hızlı büyümek daha fazla beslenme faaliyeti gerektirir ve bu da bir yırtıcı tarafından yenilme olasılığını artırır. Larvaların varlığı av türlerinin davranışını farklı biçimde değiştirdiği için boğa kurbağasının yeni davranışı, onu daha büyük yaparak yeşil kurbağa karşısında ona bir rekabet avantajı sağlar.

Kara hayvanları

Tüketici olmayan etkilere ilişkin ilk araştırmalar laboratuvar koşullarında sucul organizmalarla ilgiliydi ama şimdi yabanıl hayatta kara hayvanlarıyla ilgili daha fazla çalışma yürütülmektedir. 2018'de yayımlanan Almanca saha araştırması vaşak ve avları karacaya odaklandı. Araştırmacıların bulgularına göre, vaşak varken karacalar hem gündüz hem de avlanmanın daha yaygın olduğu yaz gecelerinde, yüksek riskli olduğunu bildikleri alanlardan uzak duruyorlardı. Karacalar, olasılıkla vaşak saldırısına uğrama korkusu nedeniyle, bazı otlama alanlarını yasak bölge gibi ele alıyorlardı.

Yırtıcılar bulundukları her yerde tüketici olmayan etkiler yaratır. Hareketli avların yanı sıra bazı durağan (hareket etmeyen) türleri de etkiliyorlar. Baskın rakiplerin yerini yırtıcılar alınca ve yeni habitatlarında durağan hayvanları besin rekabetinde saf dışı bırakınca bu durum gerçekleşebilir. Örneğin, yerinden edilen küçük balıklar besin rekabetinde süngerleri saf dışı bırakabilir. ■

> “… türler faaliyeti azaltarak ve mekân kullanımını değiştirerek [yırtıcılara] tepki verir”
>
> **Earl Werner**

DOĞAL
DÜZENL

DÜNYAYI

EME

MÖ Y. 350

Aristoteles'in *History of Animals*'ı organizmaları 11 basamağa yerleştiren bir scala naturae'de canlıları türlerine göre gruplandırır.

1665

Robert Hooke'un bol resimli kitabı *Micrographia* **mikroskobik yapıları** daha geniş bir izleyiciye açar.

1683

Özel bir doğa tarihinin nadir şeyleri koleksiyonu dünyanın **ilk halka açık müzesinde,** Oxford Üniversitesinin Ashmolean Müzesinde sergilenir.

1758

Carl Linnaeus'un *Systema Naturae*'sinin 10. basımı ikiterimli sistemini kullanarak bir dizi bitki ve hayvan türünü sınıflandırır.

1881

Londra Doğa Tarihi Müzesi kapılarını ücretsiz halka açar. Şu anda 80 milyon örnek barındırıyor.

İnsanlar uzun süredir yaşamın çeşitliliğine hayret etmekteydi; 30.000 yıl önceye dayanan tarihöncesi mağara sanatında doğanın armağanlarını kutladılar. MÖ 4. yüzyılda Antik Yunan'da Aristoteles canlı organizmaları sınıflandırmak için ilk girişimde bulundu; 11 basamaklı *scala naturae*'si ("yaşam merdiveni") insanları ve memelileri en tepeye yerleştirdi ve diğer daha "ilkel" hayvanlardan bitkilere ve minerallere indi. Bin yıl sonra ortaçağ dünyası Aristoteles'in sistemindeki varyasyonları hâlâ geçerli sayıyordu. Bunun birçok nedeni vardı. Mikroskop olmadığı için hücreler ve mikroorganizmalar hakkında bir şey bilinmiyordu. Sualtını araştırma araçları olmadığı için bilimin sucul yaratıklarla ilgili bilgisi sınırlıydı ve dünyanın birçok yeri Batılı bilim insanlarınca henüz bilinmiyordu. Katolik Kilisesinin egemen düşüncelerine uygun olarak, doğal dünya durağan ve değişmez olarak görülmekteydi.

Bir keşifler çağı

Büyük coğrafi keşif seferleri çağı daha önce keşfedilmemiş bölgeleri ve oradaki hayvan ve bitkileri açığa çıkardı. İsviçreli hekim ve doğabilimci Conrad Gessner, *History of the Animals* (1551-58) kitabına klasik literatüre yaslanmanın yanı sıra Yeni Dünya'dan ve Uzak Asya'dan yeni buluntuları da ekledi. Beş ciltlik eser, hayvanları memeliler, sürüngenler ve amfibiler, kuşlar, balıklar ve su hayvanları, yılanlar ve akrepler olarak beşe ayırmasını yansıtmaktaydı.

Mikroskobun icadı da büyük bir etki yarattı. İngiliz bilgin Robert Hooke bu yeni teknolojiyi benimsemekte gecikmedi: Micrographia (1665) kitabı aynısını yapmaları için başkalarına ilham verdi. Gerçek boylarından 50 katı büyütülmüş örnekler görebilen Hooke, mikroskobik yaşamın titiz çizimlerini yaptı ve bitki liflerini inceledikten sonra "hücre" terimini türetti. Hooke kayalarda bulunan fosil parçalar için canlı bir köken de önerdi.

Çeşitliliği sınıflandırmak

İngiliz papaz John Ray'in *History of Plants* (1686-1704) kitabı, Gesner'in daha önceki eserinin botanik eşdeğeriydi; üç büyük ciltte 18.000 türü listeliyordu. Ray türün biyolojik bir tanımını da yaptı; "Bir tür asla başka bir türün tohumundan çıkmaz," dedi. "Taksonominin babası" İsveçli botanikçi Carl Linnaeus *Systema Naturae*'yi ilk kez 1735'te

1942

Ernst Mayr türleri birbirleriyle çiftleşme yeteneklerine göre kategorileştiren **biyolojik tür kavramını** geliştirir.

1977

Carl Woese yeni, üçüncü bir organizma kategorisi saptar – **prokaryotlar.**

1988

Edward O. Wilson biyolojik çeşitlilik terimini türetir ve daha sonra biyolojik çeşitliliğe **insanların** oluşturduğu temel **tehditleri** saptar.

1988

Norman Myers'in "biyolojik çeşitliliğin sıcak noktaları" kavramı, koruma çabalarının ender türleri koruması gereken on sıcak noktayı belirler.

2018

IUCN Kırmızı Listesi 26.000'den fazla türün –değerlendirilenlerin yüzde 27'sinden fazlası– soyunun tükenme riski olduğunu gösterir.

yayımladı ama modem zoolojik adlandırma sistemini kuran, 1758 tarihli 10. basımıdır.

Linnaeus'un eserinin iki cildi, sınıflara, takımlara, cinslere ve türlere böldüğü hayvanlara ve bitkilere ayrılmıştı. Her türe bir cins adı ile özel bir adın verildiği ikiterimli sistem bugün hâlâ kullanımdadır. Linnaeus kayalar, mineraller ve fosiller üzerine bir üçüncü cilt de yazdı.

Tür kavramları

Darwin'in doğal seçilimle evrim teorisini geliştiren Alman kökenli Amerikalı evrimsel biyolog Emst Mayr, Systematics and the Origin of Species (1942) kitabında biyolojik tür kavramını pekiştirdi. Bir türün morfolojik olarak benzer bireylerin oluşturduğu bir gruptan ibaret olmadığını, yalnızca kendi arasında üreyebilen bir popülasyon olduğunu öne sürdü. Devamında Mayr bir türün içindeki gruplar popülasyonun geri kalan kısmından yalıtılırsa, nasıl farklılaşmaya başlayabileceğini ve hatta zaman içinde, genetik sürüklenme ve doğal seçilimle yeni türlere evrilebileceğini açıkladı.

Elektron mikroskobu ve mitokondrial DNA analizi gibi modem teknolojik ilerlemeler türlerin sayısı ve aralarındaki ilişkilerle ilgili çok miktarda bilgi –bazıları şaşırtıcı– açığa çıkardı. 1966'da evrimin çapraşıklıklarını yansıtmaya çalışan Alman entomolog Willi Hennig kladlardan –ortak bir ataya dayanan organizma grupları– oluşan yeni bir taksonomi sistemi önerdi. 1970'lerde Amerikalı biyolog Carl Woese tüm yaşamı üç yeni alan şeklinde sınıflandırdı. 2018 itibariyle 1,74 milyon kaybolmamış bitki ve hayvan türü tanımlandı ama toplam sayının 2 milyon ile 1 trilyon arasında olduğu tahmin ediliyor.

Biyolojik çeşitliliğe tehdit

Ne var ki 20. yüzyılın sonunda, biyolojik çeşitliliğin çapına ve hassas rolüne –ve evrimin türleri yaratmanın yanı sıra yok da ettiğine– ilişkin artan bilgiyle birlikte, Amerikalı çevrebilimci Edward Wilson ve diğerleri soy tükenme oranında hızlı bir artıştan insan faaliyetinin sorumlu olduğu konusunda dünyayı haberdar etti. Bazıları Dünya'nın altıncı kitlesel yok oluşun eşiğinde olabileceği uyarısında bile bulundu. Şimdi buna karşı koymak için, biyolojik çeşitlilik sıcak noktalarının korunması da dahil, çok sayıda politika öneriliyor. ■



DOĞANIN HER ŞEYİNDE HARİKA BİR ŞEY VARDIR

CANLILARI SINIFLANDIRMA

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Aristoteles (MÖ y. 384–322)

ÖNCE
MÖ y. 1500 Antik Mısırlılar bitkilerin farklı özelliklerini bilir.

AFTER
8. ve 9. yüzyıllar Emevi ve Abbasi hanedanlıklarının Müslüman âlimleri Aristoteles'in birçok eserini Arapçaya çevirir.

1551–58 Conrad Gessner'in *History ve Animals* kitabı dünyanın hayvanlarını beş temel gruba ayırır.

1686-1704 John Ray 18.000'den fazla türü listeleyen *History of Plants* kitabını yayımlar.

1735 Carl Linnaeus ikiterimli bir ad sistemi ilk tutarlı sınıflandırmayı geliştirir – *Systema Naturae*'de her türü bu sisteme göre adlandırır.

Yazılı tarihin başından bu yana insanlar organizmaları kendi kullanımlarına göre tanımlamaya çalıştı. Örneğin MÖ y. 1500'den kalan Mısır duvar resimleri, insanların birçok bitkinin tıbbi özelliklerini bildiklerini gösteriyor. Yunan filozof ve bilgin Aristoteles MÖ 4. yüzyılda yazılan *History of Animals*'ta, organizmaları sınıflandırmak için ilk ciddi girişimde bulundu; anatomilerini, yaşam döngülerini ve davranışlarını inceledi.

Sınıflandırmanın özellikleri

Aristoteles canlıları bitkiler ve hayvanlar olarak ayırdı. Yaklaşık 500 hayvan türünü kanları olup olmadığı; "sıcakkanlı" mı yoksa "soğukkanlı" mı oldukları; dört bacaklı mı yoksa daha fazla bacaklı mı oldukları; canlı yavru mu doğurdukları yoksa yumurta mı yaptıkları gibi, aleni anatomik özelliklerine göre gruplandırdı. Hayvanların denizde, karada yaşayıp yaşamadığını ya da havada uçup uçmadığını da dikkate aldı. En önemlisi, Aristoteles, grupları için, daha sonra Latince "genus" (cins) ve "species" (tür) sözcüklerine çevrilen adlar kullandı – bugün modem taksonomistlerin hâlâ kullandığı terimler.

Aristoteles, hayvanları doğum tarzlarına göre ayırt edilen 11 basamaklı bir scala naturae'ye (doğa merdiveni) yerleştirdi. Üst basamakta olanlar canlı, sıcak, ıslak yavrular; alt basamaklarda olanlar soğuk, kuru yumurta doğuruyordu. En üst basamakta insanlar vardı; onları aşağı doğru, canlı doğuran dörtayaklılar, memeli deniz hayvanları, kuşlar ve yumurta yapan dörtayaklılar izliyordu. Aristoteles en dibe mineralleri ve onların üzerine bitkileri, kurtçukları, süngerleri, larva-doğuran böcekleri ve sert kabuklu

> Bir kimse hayvan krallığının geri kalanını incelemeyi değersiz bir iş sayıyorsa aynı şekilde insanın incelenmesini de hor görmelidir.
> **Aristoteles**

Ayrıca bkz: Mikrobiyolojik çevre 84–85 ▪ Doğanın tüm organizmalarını tanımlamak için bir sistem 86–87 ▪ Biyolojik tür kavramı 88–89 ▪ Mikrobiyoloji 102–103 ▪ Hayvan davranışı 116–117 ▪ Ada biyocoğrafyası 144–149



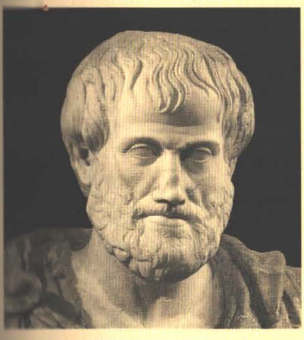
Bir ahtapot çevresine uyum sağlar. Bu yaratıkların renk değiştirme yeteneği Aristoteles'in birçok doğru gözleminden biridir.

hayvanları yerleştirdi. Aristoteles'in sınıflandırma sistemi ilkel olduğu halde çoğu Midilli adasında yapılan birinci elden gözlemlere dayanmaktaydı. Köpekbalıklarının, annelerinin karnında büyümesi, erkek ırmak kedibalığının yumurtaları koruması ve ahtapotların renk değiştirmesi gibi, hiç kimsenin tarif etmediği şeyleri kaydetti. Yaptığı gözlemlerin çok büyük bölümü iyiydi – bazıları yüzyıllar sonra doğrulandı.

Büyük varlık zinciri

Aristoteles'in sınıflandırma yöntemi, sınırlılıklarına rağmen, daha sonra 18. yüzyıla kadar her bitki ve hayvan sınıflandırma girişimini etkiledi. Ortaçağ Hıristiyanlığı Aristoteles'in *scala naturae*'sini katı bir hiyerarşinin tepesinde Tanrı, onun altında insanlar ve hayvanlar, en altta bitkiler olmak üzere "büyük varlık zinciri" olarak geliştirdi. İsviçreli doktor Conrad Gessner 16. yüzyılın ortasında ilk modern hayvan kayıt defterini yazdı – *History of Animals*. Beş ciltlik bu anıtsal eser klasik kaynaklara dayanmaktaydı ancak Doğu Asya'da yeni keşfedilen türleri de içeriyordu. Gessner'in gördüğü şekliyle ana hayvan gruplarını kapsıyordu: Canlı doğuran dörtayaklılar (memeliler); yumurta yapan dörtayaklılar (sürüngenler ve amfibiler); kuşlar; balıklar ve suda yaşayan hayvanlar; yılanlar ve akrepler. 1686-1704 yılları arasında İngiliz doğabilimci John Ray, *History of Plants* kitabıyla, botanik için eşdeğer bir kayıt defteri çıkardı. 50 yıldan kısa bir süre içinde Carl Linnaeus'un *Systema Naturae*'si canlıları sınıflandırmayı tamamen dönüştürecekti. ■

Aristoteles



Aristoteles Antik Yunan'da, Makedonya'da doğdu. Çocukken hem annesi hem babası öldü ve bir vasi tarafından büyütüldü. 17 ya da 18 yaşında Aristoteles, Platon'un Atina'daki Akademisine katıldı; orada 20 yıl okudu, fizik, biyoloji, zooloji, siyaset, ekonomi, yönetim, şiir ve müzik üzerine yazılar yazdı. Daha sonra Theophrastos adlı bir öğrenciyle birlikte Midilli'ye gidip adanın botaniğini ve zoolojisini inceledi. History of Animals'ın çoğu, orada yapılan gözlemlere dayanır. Aristoteles hem geleceğin bilgini Ptolemaios'a hem de Büyük İskender'e ders verdi. MÖ 335'te Atina'da Lyceum'da kendi okulunu kurdu. MÖ 322'de Büyük İskender'in ölümünden sonra Aristoteles kentten kaçtı ve aynı yıl Eğriboz adasında öldü.

Önemli eserleri

MÖ 4. yüzyıl
History of Animals
On the Parts of Animals
On the Generation of Animals
On the Movement of Animals
On the Progression of Animals



MİKROSKOPLARIN YARDIMIYLA HİÇBİR ŞEY GÖZÜMÜZDEN KAÇMAZ

MİKROBİYOLOJİK ÇEVRE

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Robert Hooke (1635–1703)

ÖNCE
1267 İngiliz filozof Roger Bacon, *Opus Majus*'un 5. cildinde "en küçük toz parçacıklarına" bakmak için optik kullanmayı tartışır.

1661 İngiliz mimar Christopher Wren'in mikroskobik çizimleri II. Charles'ı etkiler; o da Robert Hook'a daha fazla çizim sipariş eder.

SONRA
1683 Hollandalı amatör bilim insanı Antonie van Leeuvenhoek bir mikroskop kullanıp bakterileri ve tekhücrelileri gözlemler ve bulgularını Londra Royal Society'de yayımlar.

1798 İngiliz hekim ve bilim insanı Edward Jenner dünyanın ilk aşısını –çiçek hastalığı için– geliştirir ve *An Inquiry into the Causes and Effects of the Variolae Vaccinae (Çopur Hastalığının Nedenleri ve Etkileri Üzerine Bir Araştırma)* kitabını yayımlar.

Micrographia'nın sayfalarını çeviren bir 17. yüzyıl okuru şaşıp kalırdı. Burada İngiliz bilim insanı Robert Hooke'un çığır açan 1665 tarihli kitabında, küçük oldukları için daha önce insan gözüne görünmeyen yapıların ayrıntılı illüstrasyonları vardı. Hooke'un mikroskobu şeyleri elli kat büyütüyordu ama çizimlerinin doğruluğuNU kılı kırk yaran yaklaşımına da borçludur. Hooke farklı açılardan sayısız taslak çizdikten sonra bunları tek bir görüntüde birleştirirdi. İlk mikroskopları kimin geliştirdiği kesin olarak bilinmemesine rağmen 1660'larda kesin olarak kullanılıyorlardı. İlk aletler güvenilmezdi –mercek yapmanın zorluğundan ötürü– ve bilim insanları yaratıcı olmak ve soruna bulaşmadan çalışmak zorundaydı. Başlangıçta Hooke örnekleri net görmekte zorluk çekti; bunun üzerine "skotoskop" adlı gelişmiş bir ışık kaynağı icat etti.

> ... her küçük parçacıkta... neredeyse daha önce tüm evrende sayabildiğimiz kadar çok çeşitli yaratık görüyoruz.
> **Robert Hooke**

Hooke'un kitabı, merceklerden gördüklerinin doğru bir temsilinden ibaret değildi; aynı zamanda, incelediği organizmaların işleyişi hakkında görüntülerin açığa çıkardığı şeyleri teorileştirir. Örneğin, mantar bir tıpanın incecik bir örneğine bakarken Hooke bal peteğine benzer bir örüntü gördü; bu örüntünün öğelerini "hücre" olarak tanımladı – bugün hâlâ kullanılan bir terim.

Mikroskobik harikalar

Micrographia başka birçok bilim insanını mikroskobik dünyayı araştırmaya heveslendirdi. Hooke'un kitabından notları ve şemaları izleyen Hollandalı bilim insanı Antonie van Leeuwenhoek kendi mikroskoplarını yapabildi. Fiili büyüklüğü 200 kat büyütmeyi başardı. Van Leeuwenhoek yağ-

Ayrıca bkz: Canlıları sınıflandırma 82–83 ▪ Doğanın tüm organizmalarını tanımlamak için bir sistem 86–87 ▪ Mikrobiyoloji 102–103 ▪ Böceklerde ısı düzenleme 126–127

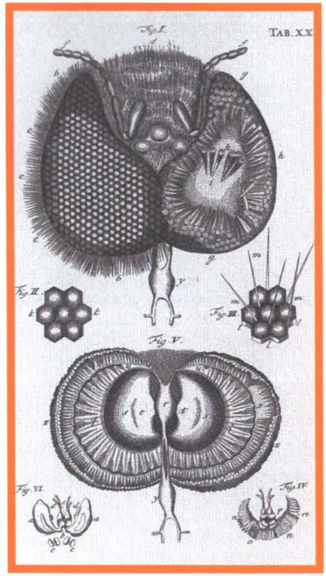
mur suyu ve durgun su örneklerini inceledi ve gördüğü yaşam çokluğuna hayran kaldı. Tekhücreli protozoaları saptayıp "hayvancıklar" adını verdi, ardından bakterileri keşfetti. Kan hücreleri ve sperm dahil, insan ve hayvan anatomisine ilişkin gözlemler de yaptı.

Van Leeuwenhoek su örneklerini incelerken hemşerisi Jan Swammerdam mikroskobunun altına böcekleri yerleştiriyordu. En ince ayrıntısıyla tasvir edilen her tür böceğin kayıtlarını yayımladı ve anatomileriyle ilgili çok şey açığa çıkardı. Swammerdam'ın en etkili eseri mayıs sineğinin yaşam döngüsünü büyük bir ayrıntıyla kaydeden *Life of the Ephemera*'ydı (1675).

İngiltere'de Nehemiah Grew mikroskop kullanarak geniş çok miktarda bitkiyi inceledi. Çiçekleri bitkilerin cinsel organı olarak tanımlayan ilk kişiydi. *The Anatomy of Plants*'te (1682) Grew stameni erkek organ, pistili dişi organ olarak adlandırdı. Grew, polen taneciklerini de saptadı ve arılar tarafından taşındıklarını fark etti.

> [*Micrographia*] ... hayatımda okuduğum en mahirane kitaptır.
>
> **Samuel Pepys**
> ***İngiliz günlük yazarı***

Mikroskobun ilk günlerinden beri aygıtlar büyük ölçüde gelişti. İlk kez 1931'de kullanılan elektronmikroskobu, nesneleri açığa vurmak için ışık yerine elektron demetleri kullanır, bilim insanlarının daha yakından bakmasına olanak verir. Elektronmikroskopları fiili büyüklüğün bir milyon katı büyüklüğünde görüntü sağlar – modern pek çok ışık mikroskobunun 600 katından fazla. ▪



Bir arının, Jan Swammerdam'ın çizdiği ve *A Treatise on the History of Bees*'te yayımlanan bileşik gözü ve beyni, altta beyin kesitini, gözün dış görünüşünü (solda) ve kesilmiş gözü (sağda) gösteriyor.

Robert Hooke



İngiltere'de Wight adasında doğan Hooke erken yaşta bilime ilgi duydu. Küçük bir miras, itibarlı Westminster Okuluna gitmesine olanak verdi; orada başarı gösterdi ve Oxford Üniversitesinde bir yer kazandı. Oxford'da doğa felsefecileri John Wilkins ve Robert Boyle'un asistanlığını yaptı. 1662'de Hooke, Londra Royal Society için ilk deney küratörü oldu. 1665'te Gresham College'de Fizik profesörü oldu.

Kendi zamanının birçok bilim insanı gibi Hooke'un da geniş bir ilgi alanı vardı. Başarıları arasında, ışığın dalga teorisine ilişkin ilk içgörüler, en eski teleskoplardan bazılarının yapımı ve Hooke Yasasının formülasyonu vardı. Hooke aynı zamanda saygın bir mimardı – zengin olmasını sağlayan bir faaliyet.

Önemli eserleri

1665 *Micrographia*
1674 *An Attempt to Prove the Motion of the Earth*
1676 *A Description of Helioscopes and Some Other Instruments*



ŞEYLERİN ADINI BİLMEZSENİZ BİLGİSİ KAYBOLUR

DOĞANIN TÜM ORGANİZMALARINI TANIMLAMAK İÇİN BİR SİSTEM

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Carl Linnaeus (1707–78)

ÖNCE
1682 İngiliz botanikçi John Ray bitki krallığının, ağaçlara ve iki ot familyasına ayrılmasını önerir.

1694 Fransız botanikçi Joseph Pitton de Tournefort, *Eléments de Botanique*'i (*Botaniğin Temel Öğeleri*) yayımlar. Güzel resimlenen bu kitap elli yıl boyunca botanik sınıflandırmanın ölçütü olur.

SONRA
1957 Sir Julian Huxley ortak bir ata ile tüm torunlarını tarif etmek için "klad" terimini kullanan ilk kişidir.

1969 Amerikalı çevrebilimci Robert Whittaker yaşamın beş krallık şeklinde kategorileştirilmesini savunur: Monera, Protista, Mantar, Bitki ve Hayvan.

18. yüzyıldan önce hayvanlar ve bitkiler için tutarlı bir adlandırma sistemi yoktu. Botanikçiler ve zoologlar aynı organizmayı tartışıp tartışmadıklarını çoğu kez bilmiyorlardı. Sorunun üstesinden gelmek için İsviçreli botanikçi Carl Linnaeus bugün hâlâ kullanılan devrimci bir sistem icat etti. "Taksonominin babası" olarak bilinir – organizmaları adlandırma ve sınıflandırma bilimi.

Linnaeus hem bitki hem hayvan krallıklarını sınıflara, takımlara, cinslere ve türlere ayırdı. Organizmalar vücut bölümlerinin, büyüklüklerinin ve şeklinin benzerliği ve beslenme yöntemleri gibi ortak ayırt edici özellikler temelinde bu düzeylere yerleştirildi. Linnaeus her tür için kesin bir iki-sözcüklü (ikiterimli) ad da benimsedi.

İlk içgörüler

1730'da Linnaeus hâlâ bir öğrenciyken, 30 yıl önce Joseph Pitton de Tournefort'un geliştirdiği bitkileri sınıflandırma sistemine itiraz etmeye başladı. Linnaeus'a göre, daha ayrıntılı bir taksonomi sistemi üretmek için bireysel türlerin özelliklerinin daha yakından analiz edilmesi gerekirdi. 1732'de

---

Bilimsel bilginin başarısı için **ortak çalışma** çok önemlidir.

→ Bilim insanlarının uzak mesafelerde **birlikte çalışmaları için,** şeylerin **doğru adlandırılması** gerekir

→ **Yanlış anlamalar** bilimsel bilgide **tutarsızlara** neden olur.

→ **Şeylerin adı bilinmezse, onlara ilişkin bilgi kaybolur.**

Ayrıca bkz: Canlıları sınıflandırma 82–83 ▪ Biyolojik tür kavramı 88–89 ▪ Modern bir biyolojik çeşitlilik görüşü 90–91

> Doğabiliminde doğruluk ilkeleri gözlemle doğrulanmalıdır.
> **Carl Linnaeus**

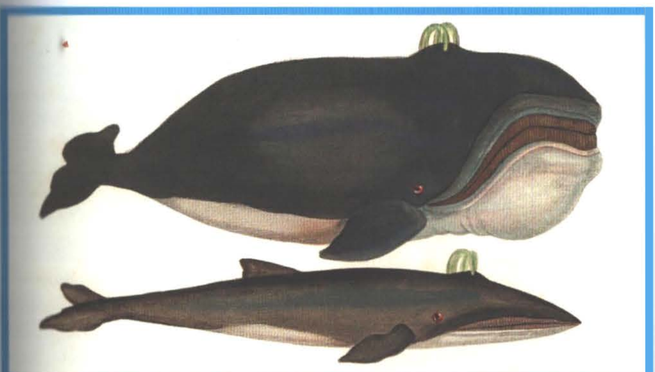
Linnaeus, Lapland'e bir keşif gezisine katıldı; orada tanımlanmamış yaklaşık 100 tür topladı. Bunlar bitki sınıflandırmalarıyla ilgili düşüncelerini ilk kez yayımladığı *Flora Lapponica* kitabının temelini oluşturdu.

Üç yıl sonra Linnaeus *Systema Naturae* kitabında ve daha sonra 1753'te yayımlanan ve 7.300 türü kapsayan en büyük eseri *Species Plantarum*'da bitkilerin yeni hiyerarşik sınıflandırılmasıyla ilgili düşüncesini yazdı. Daha önce bitkiler pratik olmayan uzun adlarla biliniyorlardı – örneğin *Plantago foliis ovato-lanceolatis pubescentibus, spica cylindrica, scapo teretti.* Linnaeus bu bitkiye, onu tanımlamaya yeten *Plantago media* dedi. Linnaeus sistemi kısa ve öz olmanın yanı sıra türler arasındaki ilişkileri de tarif eder.

Sonraki gelişmeler

Linnaeus *Systema Naturae*'yi sürekli genişletti; 10. basımı (1758) modern hayvan sınıflandırmasının başlangıç noktası oldu. İnsanların primat ailesinin üyesi olduğunu öne süren oydu. Çok daha sonra Charles Darwin'in doğal seçilimle evrim teorisinin yardımıyla, biyologlar bir sınıflandırmanın ortak ata ilkesini yansıtması gerektiğini kabul etti; bu, kladistik olarak bilinen yöntembilime yol açtı. ▪

Balinalar eskiden balık sanılırdı ve Linnaeus'un *Systema Naturae*'sinin erken bir basımında balık olarak sınıflandırıldı. Ancak daha sonra aslında memeli oldukları anlaşıldı.



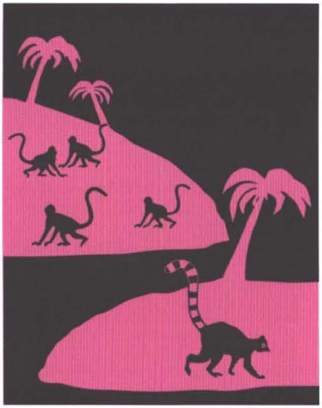


Carl Linnaeus

İsveç'in kuzey kırsalında doğan Linnaeus, Uppsala Üniversitesinde okudu ve 1730'da orada botanik dersleri vermeye başladı. Hollanda'da üç yıl geçirdi ve İsveç'e dönünce zamanını ders vermek, yazmak ve bitki toplama gezilerine çıkmakla geçirdi. Uppsala'da 17 öğrencisi tüm dünyayı kapsayan keşif gezilerine çıktı. Linnaeus sıcaklık ölçeğini icat eden Anders Celsius'un arkadaşıydı. Onun ölümünden sora Linnaeus ölçeği donma noktası 0°C, kaynama noktası 100°C olacak şekilde tersine çevirdi. Linnaeus "botanikçilerin prensi" olarak tasvir edildi ve filozof Rousseau onunla ilgili olarak, "Yeryüzünde daha büyük bir adam tanımıyorum," dedi. Linnaeus, Uppsala Katedraline gömüldü; cesedi Homo sapiens için kullanılan tip örneği oluşturur – bir türü temsil eden örnek.

Önemli eserleri

1735 *Systema Naturae*
1737 *Flora Lapponica*
1751 *Philosophia Botanica*
1753 *Species Plantarum*



"ÜREME YALITIMI" ANAHTAR SÖZCÜKTÜR

BİYOLOJİK TÜR KAVRAMI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Ernst Mayr (1904–2005)

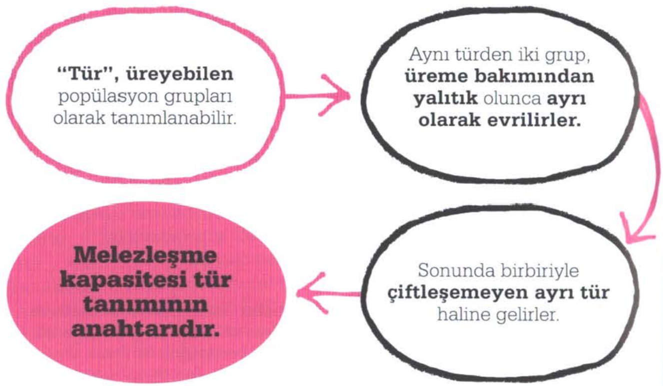
ÖNCE
1686 Doğabilimci John Ray bireysel bitki ve hayvan türlerini aynı tohumdan çıkanlar olarak tanımlar..

1859 Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni*, türlerin doğal seçilimle evrim geçirdiği düşüncesini tanıtır.

SONRA
1976 Richard Dawkins'in *Gen Bencildir*'i genmerkezli evrimi –gen düzeyinde doğal seçilim– popülerleştirir..

1995 Jonathan Weiner'in *The Beak of the Finch*'i, biyologlar Peter ve Rosemary Grant'ın Galapagos Adalarındaki çalışmalarını izler.

2007 Massimo Pigliucci ve Gerd B. Müller, ekolojinin, evrimi etkileyen faktörler arasında olduğunu göstermek için "eco-evo-devo" (ekoloji-evrim-gelişme) kavramını kullanır.



20. yüzyılın başında ortak bir atadan birden çok türün evrilebildiği kabul ediliyordu. Ne var ki bu evrim sürecinin fiilen nasıl gerçekleştiği net değildi. Aslında bir "tür"ün tam olarak ne olduğu konusunda bir tartışma vardı. 1942'de evrimsel biyolog Ernst Mayr yeni bir tür tanımı önerdi: "üreme bakımından benzer gruplardan yalıtık" olan ve melezleşen doğal popülasyon grupları.

Bu demektir ki, aynı alanda yaşayan aynı türden iki popülasyon bir noktada coğrafya, eş seçimi, beslenme stratejileri ve diğer bakımlardan ayrılabilir ve ardından doğal seçilimle ya da genetik sürüklenmeyle değişmeye başlayabilir. Zamanla bu ilk ayrılmanın bir sonucu olarak melezleşemeyen iki ayrı tür evrilir. Türleşmenin bu tipi, genellikle uzak adalarda küçük popülasyonlarda gerçekleşir.

Kilit farklılıklar

Biyolojik tür kavramı öncelikle organizmalar arasında üreme potansiyeline odaklandı. İki organizma özdeş gibi görünebilir ve

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ DNA'nın rolü 34–37 ▪ Bencil gen 38–39 ▪ Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53

aynı yerde yaşayabilir ama bu, aynı tür oldukları anlamına gelmez. Örneğin batı çayırkuşları (*Sturnella neglecta*) ve doğu çayırkuşları (*Sturnella magna*) benzer görünürler ve örtüşme alanları vardır ama farklı ötüşler üretecek şekilde evrim geçirmiştir. Bu durum birbiriyle çiftleşmelerini önler ve onları iki ayrı tür yapar.

Bir senaryo da aynı türün üyelerinin çok farklı göründüğü ama çiftleşip ürüyebildikleri için aynı tür sayılmalarıdır. Bunun en aleni örneği, evcil köpektir – bireyler arasında büyük farklılıkların olduğu bir tür. Ama açıkça görüldüğü gibi, farklı soylar birbirleriyle üreyebiliyorlar ve bu nedenle aynı türe aittirler.

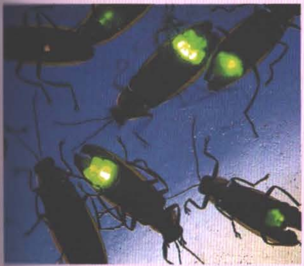
Karmaşık permütasyonlar

Biyolojik tür kavramına göre, melezleşme potansiyeli bir türün tanımının anahtarıdır. Tek başına coğrafi ayrılık, yan yana gelirlerse türlerin üremesine engel olmaz. Evrimsel uzaklaşmalar –batı ve doğu çayırkuşlarının farklı çiftleşme ötüşleri gibi– melezleşmeyi önleyen şeydir.

> En güzel ve en harika sayısız form evrildi ve evriliyor.
> **Charles Darwin**

Biyolojik tür kavramı, bakteri gibi aseksüel organizmalar ya da aseksüel yaratıklar –örneğin, kırbaç kuyruklu kertenkele türleri– için geçerli değildir. Bazen de farklı hayvan türleri çiftleşip yavru yapabilir; örneğin dişi bir at (*Equus ferus caballus*) ile erkek bir eşek (*Equus africanus asinus*) çiftleşip bir melez –katır– meydana getirebilir. Ne var ki katırlar genel olarak üremeye yetenekli değildir ve bu nedenle at ve eşek farklı tür olarak kalır. Bir örnek de dişi bir kaplan ile erkek bir aslanın, hayvanat bahçesinde doğan melez yavrusu "kaslan"dır.

Bu tür anormallikler bir türü tanımlamanın karmaşıklığını gösterir. Biyolojik tür kavramı popüler olmaya devam ediyor ama bilim insanları şimdi ortak gen düşüncesine bakıyor ve DNA dizilişini analiz ediyorlar. Şimdiye kadar hiç kimse bilinen her türü kapsayan tek bir tanımla ortaya çıkmadı ve çıkacağa da benzemiyor. Daha iyi modellerin yokluğunda Ernst Mayr'ın biyolojik tür kavramı, türler ve evrim hakkında düşünmenin son derece yararlı bir yoludur. ▪



Erkek ateşböcekleri tipolojik türün bir örneğidir. Türünün kodunu bilen ve karşılık veren –eğer çiftleşmek istiyorlarsa– dişileri çekmek için bir ışıltı örüntüsü yayarlar.

Alternatif tür kavramları

Mayr'ın biyolojik türleşmeyle ilgili düşüncesi türleri tanımlamanın ve nasıl evrildiklerini açıklamanın belki en yaygın yolu olabilir ama tek yolu değildir. Aslında iki geniş grup –tipolojik ve evrimsel– halinde düzenlenen 20'den fazla kabul edilmiş tür kavramı vardır. Tipolojik tür kavramları bir türü meydana getiren şeyin aynı tipte –ya da aynı özellikler kümesini paylaşan– bireylerden oluşan bir popülasyon olduğu düşüncesine dayanır. Özellikler, DNA ya da RNA baz dizileri gibi genetiğe, belli vücut bölümlerinin büyüklüğü gibi fenotiplere ya da bir böceğin kanadındaki lekelerin düzenlenişi gibi belirli işaretlere dayanabilir. Evrimsel tür kavramı türün soyuna dayanır. Bir tür, türün ilk ayrıldığı zamandan soyu tükenene ya da ilave bir ayrılmaya ve yeni bir türün yaratılmasına kadar bir soyu paylaşan organizma olarak tanımlanır.



ORGANİZMALAR AÇIKÇA BİRKAÇ ANA KRALLIKTA KÜMELENİR

MODERN BİR BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK GÖRÜŞÜ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Carl Woese (1928–2012)

ÖNCE
1758 Carl Linnaeus'un *Systema Naturae*'si (10. basım) bilinen yaşamı iki krallık halinde sınıflandırır: hayvanlar ve bitkiler

1937 Fransız biyolog Edouard Chatton yaşamı prokaryotlar (bakteriler) ve ökaryotlar (karmaşık hücreli organizmalar) olarak ayırır.

1966 Alman biyolog Willi Hennig kladlara –ortak ataya dayanan organizma grupları– dayanan bir sınıflandırma sistemi kurar.

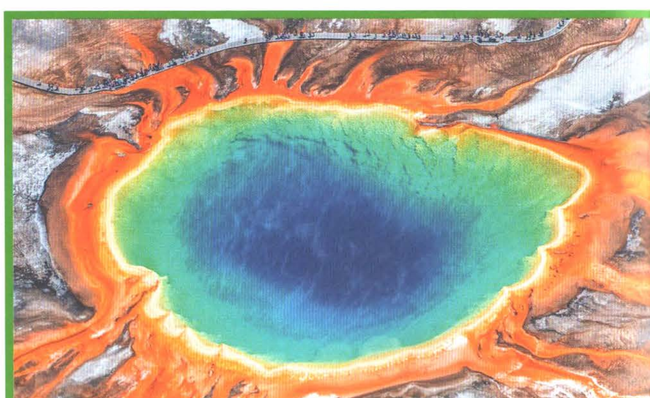
1969 Amerikalı çevrebilimci Robert Whittaker yaşamı beş krallığa ayırır: bakteriler, protistler, mantarlar, bitkiler ve hayvanlar

SONRA
2017 Biyologlar arasında bir uzlaşma, yedi krallıklı bir yaşam sınıflandırmasını kabul eder..

Biyologlar canlıların mikroskobik yapısını incelemek için gerekli donanıma ve tekniğe sahip olmadan önce, biyolojik çeşitlilik basitçe hayvan-benzeri ve bitki-benzeri organizmalar diye ayrılırdı. Sonra 20. yüzyılda, daha iyi mikroskoplar çıplak gözle görülemeyen daha derin farklılıkları açığa çıkarmaya başladı. 1960'larda, ilk kez 1930'larda Edouard Chatton'ın önerdiği bir düşünce hatırlanarak, prokaryotlar (basit çekirdeksiz hücreli bakteriler gibi) ile ökaryotlar (daha büyük, daha karmaşık hücreli hayvanlar ve bitkiler gibi) arasına yerleştirilen yeni bir canlı bölümüne ihtiyaç duyuldu.

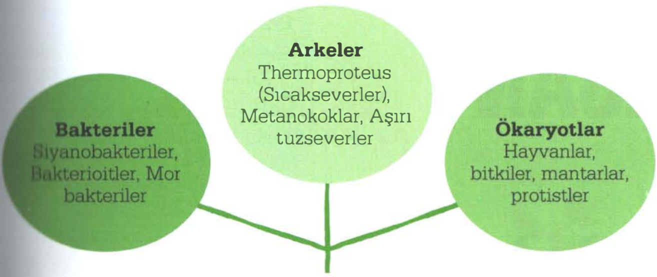
1970'lerde Amerikalı biyolog Carl Woese bu sistemin bile mikroplar –en küçük canlılar– arasındaki çeşitliliği açıklamaya yetmediğini iddia etti. Ribozomlara –hücrelerin protein yapmak için ihtiyaç duyduğu minik tanecikler– odaklandı ve "üç-alan sis-

Kükürde bağımlı arke organizmalar, Yellowstone Milli Parkının sıcak jeotermal havuzlarında, diğer pek çok organizmayı öldürecek koşullarda gelişir.



Ayrıca bkz: İlk evrim teorileri 20–21 ▪ Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ DNA'nın rolü 34–35 ▪ Doğanın tüm organizmalarını tanımlamak için bir sistem 86–87

Carl Woese'nin üç alan ağacı



Carl Woese'e göre tüm organizmalar üç ana kategoriye ya da "alan"a ayrılabilir. Bu bölümler, her alandaki organizma gruplarının hücrelerinde bulunan ribozomun yapısındaki benzerliklere dayanır.

temi" dediği şeyi geliştirdi. Bu ona Charles Darwin'in evrimsel "yaşam ağacı"nın dalları konusunda yeni bir bakış açısı kazandırdı. Woese küçük mikroplar arasında ribozomların kimyasal bileşiminde büyük farklılıklar buldu; bir grup, diğer prokaryotlardan, bakterilerin insanlardan uzak olması kadar uzaktı.

Yaşam ağacını gözden geçirme

Woese'in arkeler olarak bilinen üçüncü organizma alanı yüzeysel olarak bakterilere benzer ama bazı tuhaf özellikleri vardır. Bazıları aşırı habitatlarda gelişir. Bazıları derin deniz çökelleri gibi oksijensiz yerlerde ya da gaz yapan bitkiler yiyen memelilerin işkembesi gibi sıcak sindirim boşluklarında metan üretir – canlılar arasında benzersiz bir biçimde. Bazıları deniz soyundan on kat daha tuzlu göllerde ya da başka her şeyi öldürecek jeotermal ısıyla beslenen asitli sıcak su birikintilerinde yaşar.

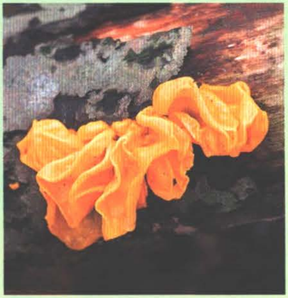
Woese, teorisini önermeden on yıl önce Robert H. Whittaker hayvanları, bitkileri ve mantarları ayrı ökaryotik krallıklar olarak kabul etmiş, diğer tüm ökaryotları protist krallığına yerleştirmiş, bakterileri de beşinci bir krallık saymıştı. Whittaker'ın protist krallığı, amip gibi diğer kategorilere uymayan ökaryotik organizmaları kapsamaktaydı. Bazı protistler memelilere, bazıları bitkilere yakındı; bazıları ikisine de yakın değildi. Bunlar kladların –ortak ataya sahip organizma grupları– bir önceki çataldan dal olarak çıktığı yaşam ağacı modeline uymuyorlardı.

Woese evrimin karışıklıklarını yansıtan bir sınıflandırma sistemi bulmaya çalıştı – yaşam ağacındaki ana dalların daha küçük dallara ve bireysel türün yapraklarıyla son bulan daha küçük filizlere ayrıldığı bir sistem. Gelecekte karmaşık yaşam ağacı daha fazla evrim kategorisi açığa çıkarabilir. ▪

Kendi krallıkları

Biyoloji tarihinin büyük bölümünde mantarlar bitki sayıldı. Büyük sınıflandırıcı Carl Linnaeus bile mantarları bitkiler krallığına dahil etti. Ancak daha güçlü mikroskopların icadıyla birlikte mantarlardaki farklılıklar daha iyi anlaşılmaya başlandı. Karmaşık bir karbonhidrat ve mantar hücresi duvarlarının bileşeni olan kitinin bitkilerde bulunmadığı artık biliniyor. Ayrıca mantarlar besinlerini çürümüş malzemeyi sindirerek yaparlar; bitkilerse, Güneş enerjisi emerek, fotosentezle besinlerini yapar.

DNA analizi, mantarların evrimsel yaşam ağacında bitkilerden çok uzak olduklarını gösteriyor: Aslında genetik olarak, hayvanlara yol açan dala yakındırlar. Bu aynı araştırmalar, belli su küflerinin – geleneksel olarak mantar diye sınıflandırılan– mantarlarla akraba olmadıklarını, hastalık yapan bazı mikroplarınsa evrim geçirip mikroskobik parazitlere dönüşen mantar olduklarını gösteriyor.



Mantarlar, devrilmiş bir ağaçta büyüyen bir parlak sarı pelte mantar gibi, artık bitki olarak sınıflandırılmıyor. Mantarlar genetik olarak hayvanlara yakındır.

BİYOSFERİ KURTARIRSAN DÜNYA'YI KURTARABİLİRSİN

İNSAN FAALİYETİ VE BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Edward O. Wilson (1929–)

ÖNCE
1993 BM 29 Aralığı Uluslararası Biyolojik Çeşitlilik Günü ilan eder.

1996 Amerikalı bilim yazarı David Quammen'in kitabı *The Song of the Dodo (Dodo'nun Şarkısı)*, habitatlar giderek daha fazla parçalandıkça evrimin ve soy tükenmesinin doğasını araştırır.

SONRA
2014 Çevreci gazeteci Elizabeth Kolbert'in kitabı *Altıncı Yok Oluş*, insanların altıncı kez türlerin kitlesel yok oluşuna nasıl neden olduklarını gösterir.

2016 *Yarım-Dünya*'da Edward Wilson yarısı doğaya adanarak Dünya'nın kurtarılabileceğini öne sürer.

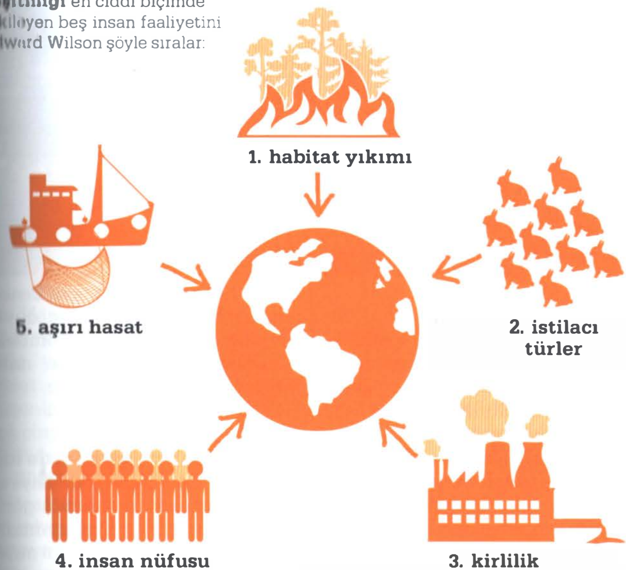
Biyolojik çeşitlilik, yeryüzündeki yaşamın –genlerden mikroplara, insanlara ve henüz keşfedilmeyenler de dahil diğer tüm türlere kadar her biçimde ve her düzeyde yaşamın– çeşitliliğidir. İnsanlar besin ve yakıt, barınma, tıp, güzellik ve haz bakımından biyolojik çeşitliliğe muhtaçtır. Diğer türlere de beslenme, tohum saçma, polenlenme ve üreme başarısı olanakları sunar. Biyolojik çeşitlilik olmadan hiçbir canlı varlığını sürdüremez.

Çevrebilimciler biyolojik çeşitliliğe yönelik olarak çoğu insan kaynaklı tehditlerin arttığını saptadı. Bugün türlerin soy tükenme

Ayrıca bkz: Biyolojik çeşitliliğin sıcak noktaları 96–97 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Ada biyocoğrafyası 144–149 ▪ Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi 156–157 ▪ Biyomlar 206–209 ▪ Kitlesel yok oluşlar 218–223 ▪ Ormansızlaşma 254–259 ▪ Aşırı avlanma 266–269

İnsan faaliyetinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkileri

Yeryüzündeki biyolojik çeşitliliği en ciddi biçimde etkileyen beş insan faaliyetini Edward Wilson şöyle sıralar:



hızının, insanların gezegene egemen olmaya başladığı 1800'den önceki hızın 1000 katına çıktığı düşünülüyor. "Biyolojik çeşitlilik" terimini ilk kez 1988'de "biyolojik çeşitliliğin babası" olarak anılan Amerikalı biyolog Edward O. Wilson kullandı. Daha sonra biyolojik çeşitliliğe yönelik beş ana tehdidi aydınlattı: Habitat yıkımı, istilacı türler, kirlilik, nüfus, aşırı hasat.

Habitat yıkıcılar

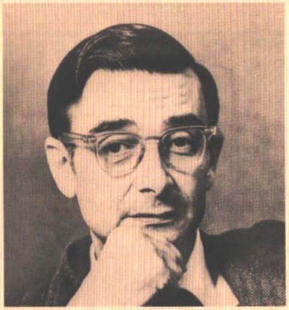
Doğayı ve Doğal Kaynakları Korumak İçin Uluslararası Birliğin (IUNC; International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Kırmızı Listesi, tehdit altında olan 25.000'den fazla türü kapsıyor. Bunların yüzde 85'ini bir zamanlar belirli türleri destekleyen habitatların kaybı tehlikeye attı. Bu yıkım yangın ya da su baskını gibi doğal nedenlerin bir sonucu olarak ya da daha yaygın olarak, tarımsal toprakların genişlemesiyle, kereste hasadıyla ve hayvanların aşırı otlatılmasıyla gerçekleşebilir. Özellikle ormansızlaşma habitat kaybına büyük katkıda bulunmuştur; dünyanın ilk ormanlarının yaklaşık yarısı esas olarak tarımsal kullanım için temizlenmiştir.

Bazı habitatlar yok edilmez ama baraj yapımı ya da su yataklarını değiştirme gibi insan müdahaleleriyle parçalanır ya da daha yalıtık birimlere bölünür. Bu habitat parçalanması özellikle göçmen hayvanlar için tehlikelidir çünkü normal güzergâhları üzerinde beslenecek ya da dinlenecek yer bulamayabilirler. Yerli türler ve ekosistemler yeni türlerin kazayla ya da bilinçli olarak sokulmasıyla da bozulur. Bu istilacı türler yerli türlerin besin kaynağını ya da diğer kaynaklarını tehdit edebilir, hastalık taşıyabilir ve yırtıcı bir tehdit haline gelebilir. Örneğin kahverengi ağaç yılanı, bir yük gemisinde kazayla Guam Adasına geldi ve adanın 11 yerli kuş türünden 10'unun bölgesel olarak yok olmasına neden oldu.

Hava ve Su Kirliliği

Her kirlilik biyolojik çeşitliliği tehdit eder ama hava ve su kirliliği özellikle zararlıdır. Örneğin, yanan fosil yakıtlar kükürtdioksit ve nitrojenoksit atık gazlarını havaya salar; bu gazlar asit yağmuru olarak geri dönüp suyun ve toprağın asitleşmesine neden olur, ekosistem sağlığını ve biyo-

> İşte bu biyolojik çeşitlilik yelpazesine dikkat etmeliyiz – yalnızca bir ya da iki yıldıza değil, tümüne.
>
> **David Attenborough**
> ***İngiliz yayıncı ve doğabilimci***



Edward O. Wilson

1929'da ABD, Alabama'da doğan Edward Osborne Wilson yedi yaşındayken bir balık avı kazasından sonra bir gözünü kaybetti ve kuş izlemeyi bırakıp böceklere merak sardı. Daha 13 yaşındayken ABD'de ilk ateşkarıncaları kolonisini keşfetti ve daha sonra Alabama ve Harvard üniversitelerine gitti. Wilson'ın çalışmaları esas olarak karıncalara odaklandı ama "ada biyocoğrafyası" olarak bilinen yalıtık ekosistemleri de inceliyor. Önde gelen bir çevreci olan Wilson biyolojik çeşitliliği koruma ve bu konuda halkı eğitme çabalarına öncülük etti. Ulusal Bilim Madalyası, Kozmos Ödülü ve iki Pulitzer Ödülü de dahil, 150'den fazla ödül aldı; *Time* ve *Audobon* dergileri tarafından yüzyılın önde gelen çevrecilerinden biri olarak gösterildi.

Önemli eserleri

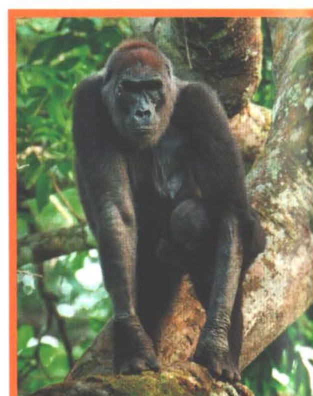
1984 *Biophilia*
1998 *Consilience: The Unity of Knowledge*
2014 *The Meaning of Human Existence*

> Biyolojik çeşitlilikten yararlanmayı öğrenirken ve insanlık için ne anlama geldiğini anlarken her zerresini paha biçilmez olarak korumalıyız.
> **Edward O. Wilson**

lojik çeşitliliği etkiler. Yer düzeyinde ozon salınımları bitkilerdeki hücre zarlarına zarar verip büyümelerini ve gelişmelerini durdurabilir. Su kirliliğine esas olarak kanalizasyon ya da tarım arazilerinden akarken suya karışan kimyasallar neden olur. Bu kirlilik sudaki oksijen düzeyini düşürür, özellikle iklim değişikliği nedeniyle yükselen su sıcaklığı ile birleşince bazı türler için hayatta kalmayı daha zorlaştırır. Örneğin bazı balık türlerinin yumurtlamak için kullandığı tatlı akarsular, kirlenmeyle yaşanmaz hale gelebilir.
Bazı organizmaların tarım kimyasalı gibi bir maddeyi emme hızı vücuttan atma hızından yüksektir; bu süreç, biyobirikim olarak bilinir. Başlangıçta düşük kimyasal yoğunlukları sorun olmayabilir. Ama bu kimyasallar besin zinciri boyunca –fitoplanktonlardan balıklara ve memelileri kadar– biriktikçe doğum kusurlarına neden olan ve hormon düzeyleri ile bağışıklık sistemlerini bozan düzeylere ulaşabilir.
Hızlı nüfus artışı çevreye daha fazla zarar verdi. 1800'de 1 milyardan az olan dünyanın insan nüfusu 7 milyara çıktı ve 2050'de 10 milyara yaklaşması bekleniyor. Nüfus arttıkça biyolojik çeşitliliğe tehditler de artıyor: Artan sayıda istilacı tür ticaret ve seyahat yoluyla yayılır, kentsel gelişme ve kaynak çıkarımı habitatları yok eder, daha fazla kirlilik yaratılır, toprak aşırı ekilip biçilir. Nüfus artışının etkilerini sınırlamak zordur çünkü giderek daha fazla insan, hayatta kalmak için besinlere ve barınmaya ihtiyaç duyar ve giderek artan ölçüde küresel bir tüketim toplumunda daha fazla mal talebinde bulunur.

Dengeyi bozmak

Nüfus artışı aşırı hasadın da itici gücüdür. Ormancılıkta, hayvan otlatmada ve ticari tarımda görülen aşırı hasat, yakalananların içinden atılan balıklar gibi niyet edilmeyen hasadın yanı sıra hedefli avcılıktan, toplayıcılıktan ve balıkçılıktan da kaynaklanabi-



Kaçak avlanma, orman kesme ve diğer insan faaliyetleri, Afrika batı ova gorilinin "kritik derecede tehlike altında olan bir tür" statüsü kazanmasına büyük katkıda bulundu.



ABD'de demiryolu yapımına, yerli Amerikan kabilelerini besleyen bufalo popülasyonunu yok etmek için kiralanan avcılar eşlik etti. 19. yüzyılın sonunda yalnızca az sayıda yabani bufalo varlığını sürdürüyordu.

lir. Hasat oranı üremeyle ya da ağaç dikmek gibi insan faaliyetleriyle yenilenme oranını aşınca hasat sürdürülemez ve yasayla düzenlenmezse, türlerin bölgesel yok oluşuyla ya da soyunun tükenmesiyle sonuçlanabilir.

2016'da IUNC'nin Kırmızı Listesine ilişkin bir inceleme tehdit altında ya da tehdit altında olmaya yakın olarak sıralanan türlerin yüzde 72'sinin, doğal üremeyle ya da canlanmayla sayıları dengelenemeyecek bir oranda hasat edildiklerini gösterdi. Türlerin yüzde 62 kadarı hayvancılık, ağaç kesme ve besin, yakıt, lif ve hayvan yemi için üretimi gibi tarımsal faaliyetten ötürü risk altındadır.

Biyolojik çeşitliliği korumak

Gerçekte Wilson'ın saptadığı beş tehdit birbiriyle ilişkilidir ve belirli bir türün tehlikede olmasının genellikle tek bir nedeni yoktur. Örneğin, tarımsal kalkınma yalnızca bir habitatı yok etmekle kalmayabilir, atmosfere sera gazları salıp hava kirliliğine ve iklim değişikliğine de katkıda bulunabilir. IUCN'nin Kırmızı Listesindeki türlerin yüzde 80'inden fazlası birden fazla tehditten etkilenir.

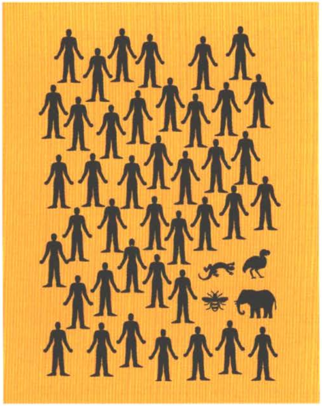
Biyolojik çeşitlilik gezegenin ekosistemlerinin sağlığını korur. Ekosistemler hem bitki hem de hayvan gibi canlıların ve bunların içinde yaşadığı toprağın, havanın ve suyun hassas bir dengesidir. Sağlıklı ekosistemler insanları ve tüm yaşamı besleyen kaynakları sağlar, doğal afetlere ve iklim değişikliği de dahil, insan kaynaklı şoklara direnci iyileştirir ve dinlenme alanları, tıbbi ve biyolojik kaynaklar sunar.

İnsan faaliyetinden kaynaklanan tehditler ciddi olmasına rağmen biyolojik çeşitliliği koruma yolları da geliştiriliyor. En önemlisi, türlerin –balık, ağaç ya da tarımsal ürün gibi– kararlı bir düzeyde kalmasına, hatta zamanla artmasına olanak veren "sürdürülebilir" hasat ve tarım yaklaşımı vardır. Toprak, su ve buz alanları için resmi koruma statüsü, tehdit altındaki türleri sürdürmeye yardımcı olabilir; ulusal ve uluslararası anlaşmalar ve görüşmeler de hem yasal hem yasadışı ticaretin (kaçak avlanmak gibi) etkisini azaltabilir. Halk eğitimi de insanların biyolojik çeşitliliği üzerindeki potansiyel etkilerini ve gelecek kuşaklar için nasıl korunacağını daha iyi anlamalarına yardımcı olabilir. ■

Antropojenik biyomlar

Biyosfer – Dünya'nın ve atmosferinin canlı içeren tüm alanları– biyomlardan, çöl ya da tropikal yağmur ormanı gibi özgül bir çevreye dayanan büyük ekosistemlerden oluşur. İnsan eylemlerinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkisi ve bunun sonucunda gezegenin çoğunun yeniden şekillenmesi çevrebilimcilerin biyomları yeniden değerlendirmelerine ve antropojenik (insan yapımı) biyomlar tanımlamasının artık gerekli olduğunu öne sürmelerine yol açtı. Antropojenik biyomlar altı ana kategoride gruplandırılır: yoğun yerleşimler, köyler, ekenekler, otlaklar, orman, vahşi doğa.

Kıtaları kapsayan diğer biyomlardan farklı olarak antropojenik biyomlar yeryüzüne yayılmış ceplerden oluşan bir mozaiktir. Çevrebilimcilere göre, Dünya'nın buzsuz kara parçalarının yüzde 75'inden fazlası, özellikle Dünya nüfusunun yarısından fazlasını oluşturan yoğun yerleşimlerde (kentsel alanlar) ve köylerde (yoğun tarımsal yerleşimler) en azından bir insan faaliyetinden etkilenmiştir.



KİTLESEL BİR YOK OLUŞUN İLK EVRESİNDEYİZ

BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİN SICAK NOKTALARI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Norman Myers (1934–)

ÖNCE
1950 Theodosius Dobzhansky tropikal kuşakta bitki çeşitliliğini inceler.

SONRA
2000 Myers ve çalışma arkadaşları sıcak noktalar listesini yeniden değerlendirir ve yenilerini ekleyip toplam sayıyı 25'e çıkarır.

2003 *American Scientist*'te bir makale, koruma çabalarının sıcak noktalara yoğunlaşmasını eleştirir, bunun tür bakımından daha az zengin ama yine de önemli "soğuk noktaları" ihmal ettiğini söyler.

2011 Bir araştırmacı ekibi Doğu Avustralya ormanlarının 35. sıcak nokta olduğunu doğrular.

2016 Kuzey Amerika kıyı ovasının, küresel biyolojik çeşitlilik sıcak noktası ölçütlerini karşıladığı kabul edilir ve 36. sıcak nokta olur.

Biyolojik çeşitlilik sıcak noktası, alışılmadık ölçüde yüksek bitki ve hayvan türü yoğunluğu olan alandır. Terimi 1988'de İngiliz çevre korumacı Norman Myers, hem biyolojik bakımdan zengin hem de ağır tehdit altında olan alanları tarif etmek için türetti. Seçkin habitatların yıkımının neden olduğu büyük ve giderek artan kitlesel tür yok oluşlarıyla karşılaşan Myers, olabildiğince çok yaşam formunu korumak için önceliklerin saptanıp kaynakların nereye yoğunlaştırılacağının belirlenmesi gerektiğini savundu.

Sıcak noktaları tanımlama

Başlangıçta Myers endemik (yeryüzünde başka yerde yetişmeyen) bitki türlerini korumak için önemli on sıcak nokta belirledi. 2000'de kavramını daha da geliştirip dikkati iki



Hindistan'da Arunaçal Pradeş'in yemyeşil yamaçları ve ormanları Hindistan-Burma biyolojik çeşitlilik sıcak noktasının bir parçasıdır. Bu alan Hindistan'ın hayvan ve bitki türlerinin yüzde 40'ını barındırır.

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Ormansızlaşma 254–259 ▪ Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi 322–323

> Refahımız yaban hayatın refahıyla yakından bağlantılıdır... yabani türlerin hayatını kurtarmakla kendi hayatımızı kurtarıyor olabiliriz.
>
> **Norınan Myers**

ölçütü yerine getiren bölgelere odaklandı: Alan endemik olan en az 1.500 damarlı bitki (kökleri, sapları ve yaprakları olan bitkiler) içermeli ve birincil bitki örtüsünün (ilk olarak alanda yetişen bitkilerin) en az yüzde 70'ini kaybetmiş olmalıdır. Conservation International, Myers'in kavramını kılavuz olarak kullanan çevreci bir kuruluş, bu türden 36 bölge listelemektedir. Bu bölgeler Dünya'nın kara yüzeyinin yalnızca yüzde 2,3'ünü temsil etmelerine rağmen gezegenin bitki, amfibi, sürüngen, memeli ve kuş türlerinin yaklaşık yüzde 60'ını barındırır – ve bu türlerin büyük bir oranı, yalnızca kendi sıcak noktasında yaşıyor.

Sıcak noktaların büyük çoğunluğu tropik ya da subtropik kuşakta bulunur. En yüksek tehdit düzeyiyle karşı karşıya olan sıcak nokta Güneydoğu Asya'da Hindistan-Burma bölgesidir. Özgün habitatın yalnızca yüzde 5'i duruyor ama ırmakları, sulak alanları ve ormanları memelilerin, kuşların, tatlı su kaplumbağalarının ve balıkların korunması bakımından yaşamsaldır. Bu alana özgü hayvanlar arasında, ormanda yaşayan, sığırla akraba, ama antiloba benzeyen bir memeli olan saola da vardır; saola ilk kez 1992'de Vietnam'ın Annamite Dağlarında görüldü. Güneydoğu Asya kıyıları boyunca ve Endonezya adalarında tehlike altında olan Irrawaddy yunusu bulunur. Eld geyiği, balıkçı kedi ve dev ibis de ender hayvanlardandır.

Koruma önlemleri

Koruma kuruluşları her sıcak nokta için hedefler konusunda hemfikirdir. Tehdit altında olan türlerin listesini çıkarıyor ve bu alanları uygun habitatla ve uygulanabilir hedef bitki ve hayvan popülasyonlarıyla korumak ve yönetmek için planlar yapıyorlar. Alanlar ne kadar kırılgan ve yeri doldurulamaz olduklarına göre derecelendirilir.

Myers'in iki ölçütü, iyi habitatın yüzde 70'inden fazlasının yok edildiği bölgelerde değişen toprak kullanımını hesaba katmadığını söyleyenler tarafından eleştirildi. Örneğin, Amazon yağmur ormanı bir sıcak nokta içinde değildir ama orman dünyada diğer yerlerdekinden daha hızlı açılıyor. ■

> Gezegeni en az beş milyon yıl yoksul bırakabilecek insan-kaynaklı biyotik bir soykırımın –türlerin toptan imhası– ilk evrelerine giriyoruz.
>
> **Norınan Myers**



Norman Myers

Myers 1934'te doğdu ve İngiltere'nin kuzeyinde büyüdü. Oxford Üniversitesinde okuduktan sonra Kenya'ya gitti ve orada yönetici ve öğretmen olarak çalıştı. 1970'lerde Myers, California Üniversitesinde okudu ve çevreye ilgisi orada arttı. Büyükbaş hayvancılık için ormanların yok edilmesiyle ilgili kaygıları gündeme getirdi ve bunu "hamburger bağlantısı" olarak tarif etti.

Myers 1988'de *The Environmentalist*'te yayımlanan "Threatened Biotas: 'Hotspots' in Tropical Forests" (Tehlike Altında Biyotalar: Tropikal Ormanlarda 'Sıcak Noktalar') başlıklı makalede biyolojik çeşitlilik sıcak noktaları kavramını ortaya attı. İlk kitabı *Ultimate Security: The Environmental Basis of Political Stability'de (Nihai Güvenlik: Siyasal İstikrarın Çevresel Temeli)*, çevresel sorunların toplumsal ve siyasal krizlere yol açtığını savundu. 2007'de Time dergisi Myers'i Çevre Kahramanı ilan etti.

Önemli eserleri

1988 "Threatened Biotas: Hotspots in Tropical Forests"
1993 *Ultimate Security: The Environmental Basis of Political Stability*

YAŞAM
ÇEŞİTL

N

LİĞİ

1590 — Hollandalı gözlükçüler Hans ve Zacharias Janssen **bileşik mikroskobu** icat etti.

1676 — **Antonie van Leeuwenhoek** "hayvancıklar"ı saptayıp **mikrobiyoloji** alanını açar.

1866 — Louis Pasteur şarabın fermantasyon sürecine **mikropların** neden olduğunu açığa çıkarır; buluşu **mikrop teorisinin** gelişmesini ateşler.

1885 — Albert Frank mantarlar ile ağaç kökleri arasındaki **simbiyotik ilişkiye** işaret etmek için **"mikoriza"** terimini türetir.

1927 — Charles Elton, hayvan davranışının **birçok temel ilkesini** ortaya koyan *Animal Ecology (Hayvan Ekolojisi)* kitabını yayımlar.

Organizmaların çeşitliliği, davranışı ve etkileşimine ilişkin bilgimiz Aristoteles arı kolonilerinde bir kraliçe ve işçiler olduğunu keşfettiğinden bu yana çok ilerledi. Teknolojideki büyük ilerlemeler, saha gözlemleri ve laboratuvar deneyleri bilgimizi artırdı ve hayvan davranışına ilişkin modern araştırmalar –etoloji– sürprizler yapmaya devam ediyor.

Mikroskop altında yaşam

Mikroskop icat edilene kadar, bakterilerin ne yaptığı bir yana, var olduklarını bile kimse bilmiyordu. Bakterileri ilk kez 1676'da Hollandalı mikroskop uzmanı Antonie van Leeuwenhoek kendisinin yaptığı bir alet kullanarak gözlemledi. Bu minik organizmalara "hayvancık" dedi ama yıllarca haklarında fazla bir şey öğrenilmedi. 1860'larda Fransız kimyacı Louis Pasteur ve Alman mikrobiyolog Robert Koch, hastalıklara ilişkin mikrop teorisini geliştirip bakterilerin oynadığı zararlı role ışık tuttu. Sonraki araştırmalar da olumlu rollerini aydınlattı: Sindirimi kolaylaştırma, hastalık yapıcı bakterilerin gelişmesini önleme, nitrojeni "sabitleme" ya da bitkilerin büyümesine yardım eden moleküllere çevirme, ölü organik malzemeyi parçalama ve besin ağına besin öğeleri salma.

Alman bitki patoloğu Albert Frank'ın 1885'te yayımladığı, mantarlar ile ağaçlar arasındaki mutualist ilişki de mikroskobun olanaklı kıldığı bir keşifti. İlk önce patolojik bir enfeksiyon olduğunu sandığı şeyi inceleyen Frank köklerine mantar saldıran ağaçların mantarsızlardan daha sağlıklı olduklarını keşfetti. Mantarların ince iplikçikleri köklerin topraktan nitrat ve fosfat besinlerini daha etkili almalarını sağlar. Buna karşı mantarlar da ağaçtan şeker ve karbon alır.

Bağlantılı yaşamlar

Hiçbir organizma kendi ekosisteminin geri kalanından yalıtık yaşamaz. Aralarındaki davranışsal etkileşimler karmaşıktır ve hâlâ haklarında çok şey keşfediliyor. Bu alana en büyük katkılardan birini İngiliz zoolog Charles Elton yaptı; 1927 tarihli klasik eseri *Animal Ecology (Hayvan Ekolojisi)* besin ağları ve besin zincirleri, av büyüklüğü ve ekolojik niş kavramı gibi hayvan davranışının birçok önemli ilkesini saptadı. Hayvan davranışını ve bunun çevresel temeline ve gelişimine bakan etoloji, modern organizma çalışmalarında önemli

1947

David Lack evrimsel bir adaptasyon olarak kuşların **kuluçka büyüklüğündeki varyasyonlar** üzerine bir makale yayımlar.

1949

Ve İnsan Köpekle Tanıştı'da Konrad Lorenz hayvanların **içgüdüsel davranışlarını** ve evrimsel kökenlerini açıklar.

1960

Jane Goodall yabanıl ortamda **şempanzeleri** araştırmak için Tanzanya'da kamp kurar, insanların da paylaştığı birçok özelliği keşfeder.

1981

Bernd Heinrich'in *Insect Thermoregulation* kitabı **böceklerin vücut sıcaklıklarını** nasıl kontrol edebildiklerini açıklar.

2005–11

İlk **gen haritası, insanların** DNA'larının yüzde 97-99'unu diğer **büyük insansımaymunlarla** (kuyruksuz maymun) paylaştığını doğrular.

2007

ABD'de, sağlıklı bir insan vücuduyla ilişkili tüm mikropların haritasını çıkarmak için **İnsan Mikrobiyomu Projesi** (Human Microbiome Project) başlatılır.

bir bileşendir. Geriye gidersek, 1837'de İngiliz böcekbilimci George Newpord güvelerin ve arıların kaslarını titreterek göğüskafesi ısısını yükseltebildiklerini keşfetti. 1970'lerden itibaren Alman kökenli Amerikalı böcekbilimci Bernd Heinrich ve diğerleri, böceklerin gelişmesine yardım eden daha fazla ısı düzenleyici adaptasyonu ortaya çıkardı. Heteroterm olan böcekler, vücudun farklı bölgelerinde farklı sıcaklıkları sürdürebilirler.

Şimdi modern araştırmalar, böcek davranışını daha ayrıntılı anlamak için laboratuvar deneylerini, saha gözlemlerini ve kızılötesi termografi gibi yeni teknolojileri birleştiriyor.

Saha gözlemleri etoloji araştırmalarında temel araçtır. 1940'larda İngiliz ornitolog David Lack kuşların yaptığı yumurta sayısını (kuluçka büyüklüğü) kontrol eden faktörleri araştırdı. Onun besin sınırlılığı hipotezine göre, bir türün yaptığı yumurta sayısı, bulunabilir besine denk olacak şekilde evrilmiştir. Evrimsel baskı, kuluçka büyüklüğü ile besin bulunabilirliği arasında bir bağıntı yaratmıştır.

Avusturyalı zoolog Konrad Lorenz ve Hollandalı biyolog Nikolaas Tinbergen de davranışları anlamak için hayvanları yaban ortamda inceledi. Lorenz'in 1949'da yayımlanan eseri *Ve İnsan Köpekle Tanıştı*, evcil bir köpeğin, sahibine sadakatini, yaban hayatında köpeğin sürü liderine içgüdüsel sadakatiyle açıkladı. Tinbergen'in saha deneyleri, yiyecek istediklerinde bir ebeveynin gagasındaki kırmızı bir noktaya dokunan martı yavrularının, model bir gaganın üzerine boyanan renkli işaretlere dokunduğunu gösterdi.

İnsani özellikler

Bu kısa süreli incelemelerin yanı sıra, İngiliz primatolog ve etolog Jane Goodall uzun süreli saha gözlemleri yapıp 1960'tan 1975'e kadar Tanzanya'da şempanzeleri inceledi. Bulguları, insan davranışlarının hayvan dünyasında tamamen benzersiz olduğu görüşüne meydan okudu ve şempanzelerin, davranış bakımından, insanlara sanılandan daha yakın olduğunu gösterdi. Örneğin, şempanzelerin ruh hallerini göstermek için vücut dili ve yüz ifadeleri sergilediklerini, alet yaptıklarını ve kullandıklarını, çoğu kez birlikte hareket ettiklerini ve bazen rakip gruplarla savaşa girdiklerini fark etti. ■



SON SÖZÜ MİKROPLAR SÖYLER

MİKROBİYOLOJİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Louis Pasteur (1822–95)

ÖNCE
1683 Hollandalı amatör bilim insanı Antonie van Leeuwenhoek bir mikroskop kullanıp bakterileri ve protozoaları gözlemler.

1796 Edward Jenner çiçek hastalığından korunmak için sığır çiçek hastalığı virüsünü kullanarak ilk aşıyı yapar

SONRA
1926 Amerikalı mikrobiyolog Thomas Rivers virüslerle bakterileri ayırt eder.

1928 İskoç bakteriyolog Alexander Fleming grip hastalığını incelerken, penisilini keşfeder.

2007 Sağlıklı bir insan vücuduyla ilişkili tüm mikropların envanteri tamamlanır.

Mikroplar –bakteriler, küfler, virüsler, protozoaları ve algler– her çevrede vardır; toprakta, suda ve havada yaşarlar. Bazı mikroplar hastalığa neden olur ama büyük çoğunluğu yeryüzündeki yaşam için hayati önemdedir. Diğer şeylerin yanı sıra organik maddeyi parçalayıp ekosisteme geri dönüşümünü sağlayabilirler.

İnsan vücudunun üzerinde ve içinde de trilyonlarca mikrop yaşar. Bunların en yaygın olanları, besinlerin sindirilmesine yardım eden, vitaminleri üreten ve bağışıklık sisteminin daha zararlı mikropları bulup saldırmasına yardımcı olan yararlı bakterilerdir. Bilim insanları mikropları ancak görebildikten sonra anlayabildiler. Yeni icat edilen mikroskop kullanılarak yapılan ilk gözlemler 17. yüzyılda başladı. Bu incelemeler daha önce bilinmeyen ve mikroskobik yaşamla kaynayan bir dünyayı açığa çıkardı. Aşağı yukarı aynı sırada, bu minik organizmaları tarif etmek için, esasen "tohum" anlamına gelen "germ" (mikrop) sözcüğü ilk kez kullanıldı.

> Mikroplar, vücudumuzda pek çok önemli işlevi yerine getiren işçiarılardır.
>
> **Dr Robynne Chutkan**
> ***Mikrobiyom uzmanı ve yazar***

Hastalıkla savaş

17. ve 18. yüzyılda bazı bilim insanları belli "mikropların" hastalığa neden olduğuna inanıyordu ama egemen görüşe göre, bu tür rahatsızlıklar bir organizmada aslen var olan zayıflığın kendiliğinden sonucuydu. 19. yüzyılda Fransız kimyacı Louis Pasteur'ün titiz laboratuvar çalışmalarına kadar "mikrop teorisi" kanıtlanmadı.

Pasteur alkol fermantasyonu sürecine bakarak işe başladı. Şaraptaki ekşiliğe dışarıdan etmenlerin –mikropların ya da germlerin– neden olduğunu keşfetti. Fransız ipek sanayiinde, ipekböcekleri arasında bir salgının neden olduğu kriz, Pasteur'ün bu belirli hastalığa neden olan mikroorganizmaları saptamasına ve yalıtmasına olanak

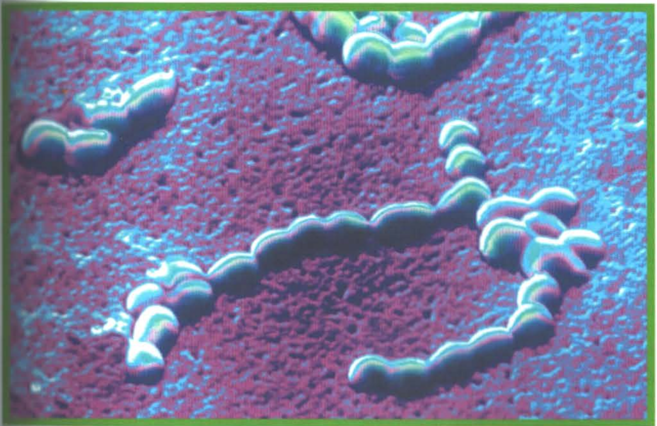
Ayrıca bkz: Canlıları sınıflandırma 82–83 ▪ Mikrobiyolojik çevre 84–85 ▪ Ekosistem 134–137

> Gözlem söz konusu olduğunda şans yalnızca hazırlıklı zihinden yanadır.
> **Louis Pasteur**

verdi. Mikrop teorisini insan hastalıklarını da kapsayacak şekilde genişletince Pasteur mikropların vücudu istila ettiğini ve özgül bozukluklara neden olduğunu öne sürdü. Yaklaşık 100 yıl önce Edward Jenner, bir hastalığı "aşıyla" –hastalığa neden olan mikroba benzer bir virüs– önlenebildiğini göstermişti. Pasteur hastalığa neden olan bir mikrobun, laboratuvarda üretilen ve konak insana ya da hayvana enjekte edilen, azaltılmış ya da zayıflatılmış bir biçiminin, vücudun bağışıklık sisteminin hastalığı yenmesini olanaklı kılmada özellikle etkili olduğunu gördü. Başlangıçta Pasteur güçlü bir muhalefetle karşılaştı ama şarbon, kanatlı kolerası ve kuduz aşılarını geliştirebildi – kuduz aşısı ilk kez insanlar üzerinde de denendi.

Mikropları imha etme

Daha sonra ilgi odağı mikrop-öldüren etmenlerin ya da –Alexander Fleming'in keşfettiği– penisilin gibi antibiyotiklerin bulunmasına kaydı. O günden beri bir mikropları imha etme stratejisi izlenmektedir. Ama bu "kes ve yak" yaklaşımının sakıncaları vardır. Zararlı mikropların yanı sıra yararlı olanları da öldürür ve bakterilerin direncini artırır ve bu da sonunda antibiyotikleri etkisizleştirebilir. ▪



***Enterococcus faecalis* bakterisi,** sağlıklı insanların bağırsaklarında bulunan bir mikroptur. Ama vücudun diğer alanlarına yayılırsa ciddi enfeksiyonlara neden olabilir.



Louis Pasteur

1822'de Fransa, Dole'de doğan Pasteur yoksul bir sepicinin oğluydu. Ortalama bir öğrenciydi ama çok çalışıyordu ve diplomasını 1842'de, bilim doktorasını 1847'de aldı. Çeşitli üniversitelerde ders verdikten sonra 1867'de Paris'te, Sorbonne'da kimya profesörü oldu. Esas araştırma alanı fermantasyon süreciydi. Pasteur şarap ve biranın fermantasyonuna mikropların neden olduğunu keşfetti. Mikropların kısa, ılık ısı tedavisiyle öldürülebildiğini de keşfetti – şimdi onun adı verilip "pastörizasyon" denilen bir süreç. Pasteur'ün mikrop teorisi, hastalıkların kontrolünde yaşamsal bir yöntem olan aşıların daha da geliştirilmesine yol açtı. 1887'de Pasteur Enstitüsünü kurdu; 1888'de açılan enstitü, hastalıkları önlemeye ve yenmeye yardımcı olmaya devam ediyor.

Önemli eserler

1870 *Studies on Silk Worm Disease*
1878 *Microbes: Their Role in Fermentation, Putrefaction, and the Contagion*
1886 *Treatment of Rabies*



BAZI AĞAÇ TÜRLERİNİN MANTARLARLA SİMBİYOZU VARDIR

MİKORİZALARIN HER YERDELİĞİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Albert Frank (1839–1900)

ÖNCE
1840 Alman botanikçi Theodor Hartig çam ağaçlarının köklerinde bir iplikçi ağı keşfeder.

1874 Alman biyolog Hellmuth Bruchmann "Hartig ağı"nın mantar iplikçiklerinden oluştuğunu fark eder.

SONRA
1937 Amerikalı botanikçi A.B. Hatch çam ağaçları ile mikorizal mantar arasında bir yarar ilişkisi olduğunu gösterir.

1950 İsveçli botanikçiler Elias Melin ve Harald Nilsson bitki köklerinin mikorizaların yardımıyla topraktan daha fazla besin alabildiklerini gösterir.

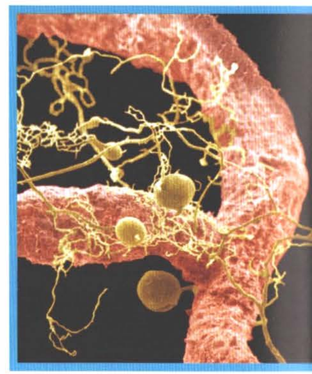
1960 Başka bir İsveçli botanikçi Erik Björkman bitkilerin fosfat ve nitrat karşılığında mikorizal mantarlara karbon verdiğini gösterir.

1885'te Berlin'deki Kraliyet Tarım Kolejinde Albert Frank adlı bir bitki patolojisi profesörü, ağaç köklerinde büyüyen mantarlar ile ağaçların sağlığı arasında bir bağlantı gören ilk kişiydi. Frank bunların patolojik (hastalıkla bağlantılı) enfeksiyon değil, aslında yeraltı ortaklığı olduğunu anladı: Ağaçlar zarar görmek bir yana daha iyi besleniyor gibi görünüyordu. Bu ortaklık için yeni bir terim icat etti – Yunanca mantar anlamına gelen mykes ve kök anlamına gelen rhiza sözcüklerinden türetilen "mikoriza".

Mikorizalar iş başında

Yalancı domalanlar bu ortaklığın mantar tarafının bir örneğidir. 19. yüzyılda Prusyalı botanikçiler bu mantarları ladin ağacının dibinde buldu ve her ağaç kökünün bir domalana doğru gittiğini ve mantardan oluşan bir kılıfa sarındığını fark ettiler. Botanikçiler tanımamalarına rağmen birçok ekosistem için yaşamsal olan bir fenomene tanık oluyorlardı.

Mantarlar dış sindirimle besin aldıkları bir organik madde kaynağıyla beslenirler. Orman döküntüsünün derin bir tabakası bunun için kusursuzdur. Yemeklerine sin-



Bir soyafasulyesinin kökündeki mikorizalar Bunun gibi arbusküler mikorizal mantarlarda, iplikçiklerin uçları bitkinin kök hücrelerinin içinde salkımlar oluşturup besin alışverişini en iyi duruma getirir.

dirim kimyasalları döker ve miselyum denilen mikroskobik iplikçik ağıyla üretilen çözünür kimyasal bileşikleri emerler.

Bitkiler nitrat ve fosfat gibi mineralleri ve suyu emmek için kök tüylerini kullanır. Ama bitki köklerinin büyümesinin ve dolayısıyla kök tüylerinin emebileceği besin miktarının bir sınırı vardır. Mikorizaların iplikçikleri daha

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Mutualizmler 56–59 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Ekosistemlerden enerji akışı 138–139

Mikorizalar ile bitki kökleri arasında yararlı alışveriş



Mikorizalar ile bitkiler arasındaki mutualist ilişki çok gelişkindir. Tüm bitki türlerinin yüzde 90'ından, beslenme ve korunma bakımından mantarlara güvenir. Bunun karşılığında bitkiler de mantarlara yaşamsal bir besin kaynağı tedarik eder.

geniş bir alanı kaplayıp çok daha fazla miktarda mineral emebilir. Mantar iplikçikleri bitki köklerine yapışınca kök sistemini uzatır, bitkiye fazladan besin akmasına neden olur.

Albert Frank bu ortaklığın iki yönlü çalıştığını fark etti. Hem bitki hem mantar için kazandıran bir birleşimdi. Mantar, minerallerinin bir kısmını geçirme karşılığında bitkiden –yapraklarda fotosentezle yapılan ve bitkinin saplarıyla köklere taşınan– şeker alır. Bu, mantarın ölü organik maddeden aldığı besin kaynağını artırır.

Eski ağlar

400 milyon yıl önceye –bitki örtüsünün ilk kez kuru toprağa yayıldığı zamana– ait bitki fosilleri mantar ipliklerinin izlerini gösterir. Bu durum mikorizal ortaklığın karasal yaşamın evriminde anahtar olduğunu gösterir. Bugün bitki türlerinin çoğunluğu bu şekilde mantarlara yaslanmaya devam ediyor. Mikorizalarla desteklenen ağaçlar, kuraklık ve hastalığa daha dirençlidir ve otçulların saldırısına tepki olarak kimyasallar salgılayarak alarm işareti bile verebilir. Ağaçlara bağlanan bu mantar ağına "wood-wide web" denildi. ■

> [Mantar] bir 'sütanne' işlevi görür ve ağacın topraktan beslenmesini sağlar.
>
> **Albert Frank**

Kirlilik göstergeleri olarak mikorizalar

Mikorizal mantarlar yalnızca bitkilerin sağlığına iyi gelmez – aynı zamanda tüm çevrenin sağlığının göstergesi işlevi de görebilirler. Bu mantarlarla yapılan laboratuvar deneyleri toksinler varken kötü büyüdüklerini gösterdi; demek ki hava ya da topraktaki kirleticileri saptamak için kullanılabilirler. Örneğin bazı mantarlar kurşun ya da kadmiyum gibi ağır metallere maruz kalınca büyüyemezler ve farklı mantar türleri çevresel değişime farklı tepki gösterdiği için, özgül kirlenme tiplerini saptamak için belli türler kullanılabilir.



Avrupa ve Kuzey Amerika ladin ormanlarının mikorizal mantarının kökünde zayıf büyüme, habitattaki hava kirliliğinin erken bir işareti olabilir.

BESİN CAN ALICI BİR SORUNDUR

HAYVAN EKOLOJİSİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Charles Elton (1900–91),
George Evelyn Hutchinson (1903–91)

ÖNCE
9. yüzyıl Arap yazar el-Cahiz, *Kitabü'l-Hayevan*'da (*Hayvanlar Kitabı*) besin zinciri kavramını tanıtır ve "her zayıf hayvan kendisinden zayıf olanı yer" sonucuna varır.

1917 Amerikalı biyolog Joseph Grinnell, "California Harmancı Kuşunun Niş İlişkileri" başlıklı bildirisinde ilk kez ekolojik nişi tarif eder.

ÖNCE
1960 Amerikalı çevrebilimci ve felsefeci Garrett Hardin, *Science* dergisinde "her görünür bir arada yaşam örneği hesaba katılmalıdır" dediği bir deneme yayımlar.

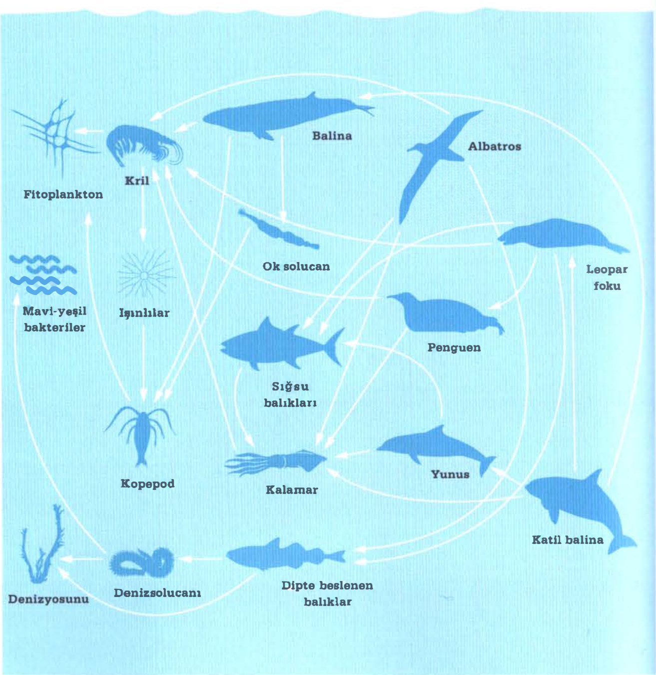
1973 Avustralyalı çevrebilimci Robert May, *Stability and Complexity in Model Ecosystems*'i yayımlar, karmaşık ekosistemlerin zorunlu olarak istikrara yol açmadığını kanıtlamak için matematiksel modelleme kullanır.

Besin zincirleri kavramı –tüm canlıların besinleri için diğer türlere bağımlılıkları nedeniyle birbiriyle ilişkili olduğu düşüncesi– yüzyıllar öncesine dayanır ama bilim insanları bir besin ağı oluşturan besin zincirleri kavramını ancak 20. yüzyılın başında geliştirdi.

Bu düşüncenin öncüsü *Animal Ecology* (1927) kitabında "besin döngüsü" dediği şeyi açıklayan İngiliz zoolog Charles Elton'dı. Daha sonra, hayvanlar ile çevre arasında daha karmaşık etkileşimleri kapsayan teoriler –modern hayvan ekolojisinin temelini oluşturan içgörüler– geliştirdi. Bireysel bitki ve hayvan türlerine ilişkin bilgimizi bir arı kovanındaki hücrelere benzetti – her bilgi "hücresi" kendi başına önemlidir ama hepsi bir araya getirilince parçaların toplamından fazla bir şey yaratılır – ekoloji "kovanı."

Bugün hayvan ekolojisi incelemeleri hayvanların çevreleriyle nasıl etkileşim içine girdiğine, farklı türlerin oynadığı rollere, popülasyonların neden yükseldiğine ve düştüğüne, hayvan davranışlarının neden bazen değiştiğine, çevresel değişimin hayvanlar üzerindeki etkisine odaklanır. Hayvan çevrebilimcilerinin çalışmalarında temel ilke şudur: Doğada genel olarak bir denge vardır, bu yüzden verili bir türün popülasyonu çok büyürse genellikle besin yoksunluğuyla

Besin ağı



Besin ağı, ekolojik bir topluluk için farklı türler arasındaki beslenme bağlantılarının grafik bir tasviridir. Bu örnek, katil balinaların uç yırtıcı olduğu ve fitoplanktonların birincil üretici olduğu bir deniz ekosistemi içindeki ilişkileri gösterir.

Ayrıca bkz: Kilittaşı türler 60–65 ▪ Besin zinciri 132–133 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Ekosistemlerden enerji akışı 138–139 ▪ Trofik çağlayanlar 140–143

düzenlenir. Bununla birlikte, organizmalar ile çevreleri arasındaki ilişkiler yerden yere ve zaman içinde değişir.

Bağımlılık zinciri

Animal Ecology'de Elton, hayvan topluluklarını incelemenin temel ilkelerinin ana hatlarını çizdi: Besin zincirleri ve ağları, besin büyüklüğü ve ekolojik nişler. Her besin zinciri ve ağı, diyordu Elton, üreticilere – bitki yiyen tüketicileri (otçullar) besleyen bitkiler ve alglere– bağımlıdır. Bu otçullar da bir ya da daha fazla düzeyde et yiyen tüketicileri (etçiller) besler. Büyük etçiller, genellikle daha küçük hayvanları yer ama küçük hayvanlar daha hızlı üredikleri için sayıları büyük yırtıcıları besleyebilir.

Besin rekabeti, bir besin ağının tepesine yakın çok sıkıdır. Büyük kediler ve büyük alıcı kuşlar gibi uç (tepe) yırtıcıların doğal yırtıcılar olmamasına rağmen çoğu kez, kendileri ve yavruları için yeterince besini güvenceye almak kendi türünden rakiplere karşı topraklarını savunmak zorundadırlar.

> Her hayvan, etrafında yaşayan diğer hayvanların birçoğuyla yakından ilişkilidir – ve bu ilişkiler büyük ölçüde besin ilişkisidir.
>
> **Charles Elton**



Bir örümcek bir kızböceğini tuzağa düşürüp besin büyüklüğü ilkesinin, yırtıcı ve avının göreli saldırganlığına ve gücüne göre değişebildiğini kanıtlar.

Besin büyüklüğü

Elton'ın değindiği en önemli noktalardan biri, besin zincirlerinin öncelikle besin büyüklüğü ilkesinden ötürü var olduğu fikriydi. Her etçil hayvanın üst ve alt limitler arasında av yediğini açıkladı. Yırtıcılar yeterince büyük, yeterince güçlü ya da yeterince becerikli olmadıkları için belli bir büyüklüğün üstündeki hayvanları fiziksel olarak yakalayıp tüketemezler. Bu, yırtıcıların kendilerinden büyük hayvanları öldürüp yiyemediği anlamına gelmez; bir gelincik daha saldırgan olduğu için daha büyük bir tavşanı kolayca öldürebilir. Bununla birlikte, dünyanın tepe yırtıcılarından biri olan yetişkin bir dişi aslan sağlıklı bir yetişkin Afrika filini öldüremez. Benzer şekilde, bir su birikintisinin dibinde bir yusufçuk larvası küçük bir iribaşla beslenebilir ama yetişkin bir kurbağayı yiyemez. Hayvanlar daha büyük avları öldürmeye yetenekli olabilirler ama bu çabaya değmez. Kurtlar orta boy ya da Kanada geyiği gibi büyük

İklim değişikliğinin etkilerini öngörme

Çevrebilimciler hayvan popülasyonlarındaki ve dağılımındaki değişimleri inceler ve gelecekte 5, 10, 50 ya da daha uzun yıllar içinde bunların nasıl değişeceğini öngörmek için iklim değişikliği modelleri uygular. Örneğin, ortalama sıcaklıkların başka yerlerde olduğundan daha hızlı artmakta olduğu kuzey kutup bölgesinde deniz buzu küçülüyor. Sonuç olarak, kutup ayıları fok avlayabilecekleri, dinlenebilecekleri ve çiftleşebilecekleri buz bulmak için daha fazla yolculuk yapmak zorundalar. Ne kadar çok yüzerlerse o kadar çok enerji yakarlar. Deniz buzu azaldıkça kutup ayıları aç kalır. Bilim insanları sayılarını ve hareketlerini izliyor, bu verileri deniz buzundaki değişikliklerle karşılaştırıyor.

Kutup ayısı, kuzey kutup bölgesinin ekolojisinde yaşamsal bir rol oynar. Bir uç yırtıcı ve kilittaşı tür olarak, neredeyse tek yiyeceği olan foklara erişimi olmalıdır. Fokların sayısı kutup ayılarının yoğunluğunu düzenler; kutup ayısının avlanması da fokların yoğunluğunu ve üreme başarısını düzenler.



Yalnız bir kutup ayısı, kuzey kutbunda yüzen bir buz parçasından denizde av arıyor. Bölgede deniz buzu alanının küçülmesi, bu türün hayatta kalmasını tehdit ediyor.

Amerikan tavşanı ve vaşak popülasyonu döngüleri

Kanada'nın kutup altı ormanlarında vaşağın gözde avı Amerikan tavşanlarıdır. Charles Elton 1845-1925 arası dönemi kapsayan verileri kullanarak bu iki türün popülasyonları arasındaki ilişkiyi inceledi. Tavşanlar kalabalıkken vaşak çok az başka bir şey avlar. Popülasyonları doruk yoğunluğa ulaştıktan sonra tavşanlar yeterli bitki besin bulmakta zorlanır. Bazıları aç kalır; bazıları zayıflar ve bir süre iyi beslenen vaşak gibi yırtıcılar tarafından daha kolay avlanır. Tavşan sayısı azalmaya devam edince bu durum vaşakları etkiler. Fare ve bağırtlak gibi daha az besleyici av avlamak zorunda kalırlar.

Yeterince yiyecek bulmaya çabalarken vaşak daha az yavru doğurur, hatta üremeyi tamamen durdurur. Bazıları açlıktan ölür. Tavşan popülasyonu dibe vurduktan bir ya da iki yıl sonra vaşak popülasyonunda bir gerileme başlar – her sekiz ila on bir yılda tekrarlanan bir döngü.



Bir Kanada vaşağı bir Amerikan tavşanını yakalar. Tavşanlar bolken bir vaşak üç günde iki tavşan yer.



Kılıçgagalı sinekkuşunun, çarkıfelek çiçeğinin bir türü olan *Passiflora mixta*'nın uzun çiçeklerinden nektar emmesini olanaklı kılan uzun bir gagası vardır. Beslenirken, bitkinin polenlerini yayar.

memelileri avlar. Bu memeliler bulundukları çevreden yok olursa beslenmelerine yetecek sayıda – fare gibi– küçük hayvan yakalamayı zor bulurlar; küçük av bulmak için harcadıkları enerji, onları tüketerek kazandıkları enerjiden büyüktür.

Bitkiler kaçamaz ya da karşı koyamaz; bu yüzden iş besin büyüklüğüne gelince, otçullar için farklı hususlar geçerlidir. Örneğin, verili bir ispinozun gagasına sığdırabileceği maksimum bir tohum büyüklüğü vardır; bu nedenle, büyük ispinozların daha küçük türler karşısında bir avantajı vardır. Benzer şekilde, bireysel sinekkuşu türleri, gagalarının uzunluğuna bağlı olarak ancak belli büyüklüğe kadarki çiçeklerden nektar içebilir.

Ekolojik nişler

Bir hayvanın ya da bitkinin nişi, onun ekolojik rolü ya da yaşam şeklidir. 20. yüzyılın ilk onyıllarında çalışan Amerikalı zoolog Joseph Grinnell'e göre bir organizmanın nişi, onun habitatı olarak tanımlanmaktaydı. California'da harmancı kuş denilen kuşları inceledi ve yoğun çalılıkların altında nasıl beslendiklerini, yuva yaptıklarını ve yırtıcılardan saklandıklarını gözlemledi. Ne var ki, bir niş bir organizmanın yaşadığı yerden daha karmaşıktır. Temizlikçi kuşlar ile Afrika mandası tam olarak aynı habitatı – açık çayırları– paylaşır ama hayatta kalmak için gereksinimleri çok farklıdır: Mandalar otlar, temizlikçi kuş ise besinini, mandaların derisinden topladığı kenelerden alır.

Charles Elton ekolojik nişler kavramını daha derin araştırdı. Ona göre besin, bir hayvanın nişini tanımlamada birinci faktördü. Ne yediği ve ne tarafından yenildiği önemliydi. Belirli bir niş, habitata bağlı olarak, farklı bir hayvan tarafından doldurulabilirdi. Elton, fare gibi yerde yaşayan küçük hayvanları avlayan alıcı kuşların doldurduğu bir nişi örnek

> Yabanda türleri gözlemlemek, beni türlerin varlığının ve devamının yaşamsal olarak çevreye bağlı olduğuna inandırıyor.
>
> **Joseph Grinnell**

> Farklı türler, sabun baloncukları gibi birbirini sıkıştırır, itip kakarken; bir tür... diğeri karşısında bir avantaj edinir.
>
> **G. Evelyn Hutchinson**

verdi. Bir Avrupa meşe ormanında bu nişi alacabaykuşlar doldururdu; açık çayırda ise kerkenez bu işi yapardı.

Elton bir hayvanın yalnızca belli bir çevresel koşullar kümesine katlanmakla kalmadığını, aynı zamanda bu koşulları değiştirebildiğini de öne sürdü. Kunduzların ağaç devirme ve baraj yapma faaliyeti en dramatik örneklerden biridir; baraj göllerinde balıklara, devrilen ölü ağaçlarda ağaçkakanlara ve göl kenarlarında kızböceklerine habitat yaratır.

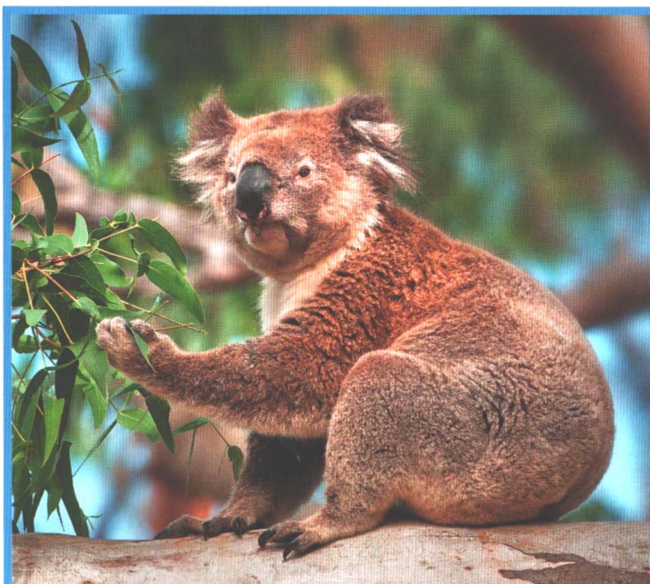
Niches and competition

1950'lerden 1970'lere kadar Yale Üniversitesinde çalışan zoolog G. Evelyn Hutchinson, ekosistemlerde etkili olan tüm fiziksel, kimyasal ve jeolojik süreçleri inceledi ve bir organizmanın kendi nişindeki rolünün nasıl beslendiğini, ürediğini, barınak bulduğunu, diğer organizmalarla ve çevresiyle nasıl etkileşime girdiğini içerdiğini öne sürdü. Örneğin, her bir alabalık türünün –ve diğer balıkların– katlanabildiği bir tuzluluk, asitlik ve sıcaklık aralığı, ayrıca bir av ve ırmak –ya da– göl yatağı koşulları aralığı vardır. Bu durum, bazılarını, içinde yaşadıkları habitatın koşullarına bağlı olarak diğerlerinden daha iyi yarışmacı yapar. Modern ekolojinin babası olarak görülen Hutchinson diğer bilim insanlarını, rekabet eden hayvanların kendi çevrelerini farklı biçimlerde nasıl kullandıklarını araştırmaya teşvik etti.

Bir hayvanın ya da bitkinin niş genişliği, gelişmesi için gerekli tüm faktörleri kapsar. Kahverengi sıçanlar, rakunlar ve sığırcıklar geniş bir nişe sahip hayvan örnekleridir çünkü çok çeşitli koşullarda yaşayabiliyorlar. Bu gibi türlere genelci denir. Bazı hayvanların dar ihtiyaçları vardır. Örneğin, koalalar neredeyse tamamen okaliptüs yapraklarına bağımlıdır ve Brezilya'nın Pantanal bölgesinde sümbül papağanlar iki palmiye türünün sert meyvelerinden başka hiçbir şey yemezler – bunlar özelcidir.

Hayvanlar, türler arasındaki rekabet nedeniyle, nişlerinin tamamını nadiren işgal eder. Kuzey Amerika mavi kuşlarının habitat ihtiyacının bir kısmı eski ağaçkakan delikleri bulunan ölü ağaçlardır; o deliklerde yumurtlar ve yavrularını büyütürler. Birçok ormanda uygun delikler yaygın bulunmasına rağmen mavi kuşlar bu deliklerin tümünü işgal edemez çünkü çoğu kez, daha saldırgan sığırcıklar tarafından saf dışı bırakılırlar. Bu nedenle, gerçekleşen nişleri –fiilen işgal ettikleri yerler– potansiyel (ya da temel) nişleri kadar geniş değildir.

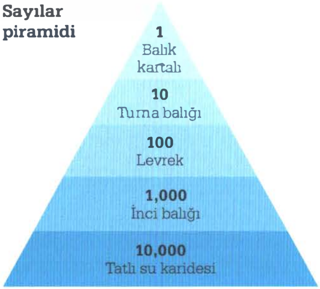
Birçok hayvan kendi nişinin bazı yanlarını paylaşır, bazılarını



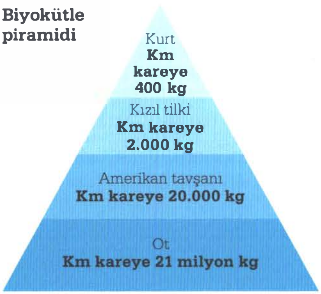
Gerçek bir uzman, bir koala günde 1 kg okaliptüs yaprağına ihtiyaç duyar. Bu tür, yalnızca okaliptüsün yaygın olduğu Avustralya'da bulunur.

Üç büyük ekolojik piramit tipi

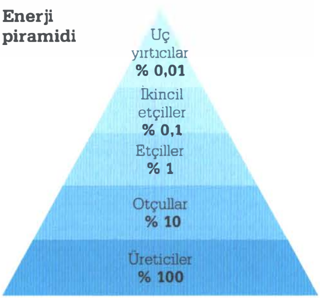
Sayılar piramidi



Biyokütle piramidi



Enerji piramidi



Ekolojik piramitler, bir ekosistemde ölçülebilir verileri temsil eder. Sayılar, trofik bir düzeyde bireysel türün popülasyon büyüklüğünü; biyokütle, göreli varlıklarını; enerji, kimin ne ve ne kadar yediğini gösterir.

paylaşmaz. Buna niş örtüşmesi denir. Eğer farklı türler aynı habitatta yaşıyorsa ve benzer yaşam tarzları varsa rekabet içinde olurlar, ama davranışlarının bazı yanları ya da yemek listeleri farklıysa birbirlerine yakın yaşayabilirler. Bu düzenleme, niş bölüşme olarak bilinir. Örneğin, Porto Riko'da çeşitli kertenkeleler, ağaçların farklı bölümlerinde tüneme yerleri seçtikleri için aynı alanı başarıyla işgal ediyorlar.

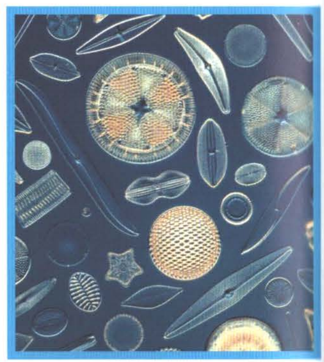
Niş örtüşmesinin sınırları vardır. Nişleri birebir aynı olan iki hayvan aynı yerde yaşarsa biri diğerini yok olmaya sürükleyecektir. Bu kavram –rekabetçi dışlama ilkesi– 1904'te Joseph Grinnell tarafından ana hatlarıyla açıklandı ve Rus çevrebilimci Georgy Gause'nin 1934'te yayımlanan bir makalesinde geliştirildi ve Gause yasası olarak anıldı.

Sayılar piramidi

Charles Elton bir besin zincirinde farklı düzeyleri grafik olarak temsil etmenin bir yöntemi olarak piramidi kullandı – en dipte üreticiler, sonra birincil tüketiciler ve devamı. Çoğu kez birincil tüketiciler –özellikle böcekler¬– üreticileri saf dışı bırakır ama yüksek düzeydeki tüketicilerin sayısı piramidin tepesine doğru azalır. Bu sistem parazitleri hesaba katmaz; memelilerin ve kuşların üzerindeki bit ve kenelerin sayısı bir ekosistemdeki tüm omurgalıların toplam sayısından fazladır.

Almanya doğumlu hayvan çevrebilimcisi Frederick Bodenheimer, 1938'de, Elton'ın sayılar piramidini değiştirip verili bir alanda her düzeyde canlı madde miktarını temsil eden bir biyokütle piramidi ortaya çıkardı. Bu piramit bazı organizmaların diğerlerinden daha büyük olduğu gerçeğini hesaba katıyordu ama zamanın sabit bir noktasındaki göreli biyokütleleri gösterdiği için anormallikler üretti. Örneğin, bir su birikintisinde, fitoplankton üreticilerin (sucul besin ağının temeli olan mikroskobik organizmalar) kütlesi, zamanın belirli bir noktasında balık tüketicilerin kütlesi kadar büyük olmayabilir; o zaman piramit ters döner. Bununla birlikte, Güneş ışığı ve besin öğeleri gibi

> Trofik dinamikte temel süreç, ekosistemin bir bölümünden diğerine enerji transferidir
>
> **Raymond Lindeman**



Mikroskobik organizmalar, bu diyatomlar da dahil, tüm ekolojik piramitlerin anlamlı bir bölümünü oluşturur. Büyük sayıları ve hızlı üremeleri, piramidin yukarısındaki türlere kütle ve enerji sağlar.



Kilizbalığı, perifiton –bitkilere yapışan bir mikrobik organizma karışımı– yiyen salyangozla beslenir. Kilizbalığı salyangozların sayısını azaltarak perifiton biyokütlesini artırır.

koşullar uygun olduğunda fitoplankton hızlı ürer. Zamanla fitoplankton kütlesi balık kütlesine ağır basacaktır.

Trofik piramitler

Amerikalı çevrebilimci Raymond Lindeman trofik piramit denen, otçullar bitki yerken ve yırtıcılar da otçulları yerken bir düzeyden diğerine enerji transferi oranını gösteren bir enerji piramidi önerdi. Bir organizmanın trofik düzeyi bir besin zincirinde işgal ettiği konumdur. Bitkiler ve algler birinci trofik düzeyde, otçullar ikinci düzeyde, birinci derece yırtıcılar üçtedir. Beş düzeyden fazlası olması enderdir. Bitkiler Güneş enerjisini depolanmış karbon bileşiklerine çevirir ve bir otçul bir bitkiyi yediğinde enerjinin bir kısmı hayvana geçer. Bir yırtıcı bir otçulu yediğinde o enerjinin küçük bir kısmını da o alır ve böyle devam edip gider.

Lindeman'ın 1942'de yayımlanan Yüzde On Yasası, organizmalar tüketildiğinde, onlardan aktarılan enerjinin yalnızca yüzde 10 kadarının bir sonraki trofik düzeyde et olarak saklandığını açıklıyor. Enerji modeli, bir ekosistemin durumunun daha gerçekçi bir resmini yaratır. Örneğin bir su birikintisinde balığın ve otun biyokütlesi aynı ama ot balıktan iki kat hızlı ürüyorsa otun enerjisinin iki kat büyük olacağı görülürdü. Ayrıca ters dönmüş piramitler yoktur – en düşük trofik düzeyde, her zaman bir sonraki düzeyden daha fazla enerji vardır. Bununla birlikte, enerji transferini değerlendirmek, organizmaların sayısının ve kütlesinin yanı sıra alınan enerjiyle ilgili birçok bilgiyi de gerektirir.

Geleceği düşünme

Organizmalar ile çevreleri arasındaki ilişkiler yerden yere ve zamanla değişir. Küresel iklim değişikliği, hayvan topluluklarını giderek daha fazla etkileyecek çevresel faktörlerin bir örneğidir. Bazı değişiklikler zaten gerçekleşmiş durumdadır ama gelecekte ekolojik düşüncenin zorluklarından biri, diğerlerini öngörmektir. ■



KUŞLAR OPTİMUM SAYIDA YAVRU ÜRETECEK SAYIDA YUMURTA YAPAR

KULUÇKA KONTROLÜ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
David Lack (1910–73)

ÖNCE
1930 İngiliz genetikbilimci Ronald Fisher, Gregor Mendel'in genetikle ilgili çalışmalarını Charles Darwin'in doğal seçilim teorisiyle birleştirir ve üremeye harcanan çabanın maliyete değmesi gerektiğini savunur.

SONRA
1948 David Lack kuşlarda optimal kuluçka büyüklüğü teorisini memelilerde enik büyüklüğünü kapsayacak şekilde genişletir.

1954 Lack, *The Natural Regulation of Animal Numbers*'ta besin sınırlılığı hipotezini kuşları, memelileri ve bazı böcek türlerini kapsayacak şekilde geliştirir.

1982 Tore Slagsvold kuluçka büyüklüğünün saldırıya uğrama olasılığıyla ilişkili olduğunu ifade eden yuva predasyonu hipotezini önerir.

Bazı kuşlar neden diğerlerinden daha fazla yumurta yapar? Örneğin ortalama bir mavi baştankara dokuz, narbülbülü altı, karatavuk dört yumurta yapar. 1940'larda İngiliz ornitolog ve evrimsel biyolog David Lack hızla destek kazanan bir açıklama önerdi. Kuluçka büyüklüğünün (yapılan yumurta sayısı) dişinin yumurtlama yeteneğiyle kontrol edilmediğini savundu; çünkü kuşlar, tipik olarak yaptıklarından çok daha fazla yumurta yumurtlayabilir. Bu olgu, yerine koyma deneyleriyle kanıtlanabilir; bir yuvadan yumurtalar alındığında kuş, kaybı telafi etmek için durmadan yeniden yumurtlar.

Onun yerine, diyordu Lack, herhangi bir türün yaptığı yumurta sayısı bulunabilir besin kaynağına uygun evrilmiştir. Başka bir deyişle doğa, ebeveynlerin besleyebileceği maksi-

Mavi baştankara yuvaları, dişiler daha fazlasını yapabilmelerine rağmen ortalama dokuz yumurta içerir. David Lack kuluçka büyüklüğünün bulunabilir besin miktarına göre belirlendiğini öne sürer.



Ayrıca bkz: Hayvan ekolojisi106–113 ■ Hayvan davranışı116–117 ■ Besin zinciri132–133 ■ Ekosistem134–137 ■ Ekolojik esneklik150–151

mum sayıda yavruya denk gelen kuluçka büyüklüklerini kayırır. Bu yüzden, bir çift kuş yalnızca altı civciv beslemeye yetecek besin bulabiliyorsa, ama dişi 12 yumurta yapmışsa, o yavrular aç kalır ve ölebilir. Yalnızca bir yumurta yapsaydı civciv başarıyla büyürdü ama kullanılabilir besinin büyük bölümü kullanılmamış olurdu. Bu yüzden hem 12-yumurta hem tek-yumurta senaryosu iyi bir üreme stratejisi değildir; onun yerine altı yumurta yapmak, en fazla yavruyu en iyi büyütme şansı sunar.

Bu teori, besin sınırlaması hipotezi ya da Lack ilkesi olarak anıldı ve daha sonra Lack ve başkaları tarafından, memelilerde enik büyüklüğünü, balık ve omurgasızlarda kuluçka büyüklüğünü de kapsayacak şekilde genelleştirildi.

"Enlem eğilimi"

Lack'in hipotezi başka bir bilmeceye de yanıt önerdi: Pek çok kuş türünün neden yüksek enlemlerde daha büyük kuluçkaları vardır? Ortalama olarak ekvatora yakın kuşlar, uzak kuzeyde aynı türün yaptığı yumurta sayısının yaklaşık yarısını yumurtlar. Bu "enlem eğilimi", tropikal kuşakta daha kısa günlere kıyasla uzun yaz günlerinde daha fazla besin bulunabilirliğiyle açıklanabilirdi.

> Kuluçka boyutu artan enlem ve gün uzunluğuyla birlikte artar... çünkü gün daha uzun olduğunda anne kuşlar daha fazla yiyecek bulur.
>
> **David Lack**

> ... başarıyla beslenip büyütülebilenden daha az sayıda civcivle sonuçlanacak bir kuluçka yapmak avantaj sağlar.
>
> **Tore Slagsvold**

Bununla birlikte başka faktörler de etkili olabilir. Yüksek enlemlerde –kışların sert geçtiği– yüksek ölüm oranları, büyük kuluçkaların gelişmesine yol açmış olabilir. Bunun nedeni, bir sonraki üreme mevsimine kadar hayatta kalma şansının düşük olması ve azalan popülasyonun, bir sonraki mevsim hayatta kalanlar için daha fazla besin bulunmasına neden olmasıdır.

1982'de Norveçli evrimsel çevrebilimci Tore Slagsvold yuva predasyonu hipotezini öne sürdü; buna göre yüksek yuva predasyonu oranları daha küçük kuluçkalarla sonuçlanır. Fazla sayıda civcivli bir yuva bir yırtıcı tarafından bulunursa ebeveyn kuşların daha fazla emeği boşa gitmiş olur – daha az civciv olsaydı daha az. Ayrıca daha büyük bir kuluçkayı büyüten ebeveynlerin yırtıcılar tarafından görülmesi, ekstra faaliyetten ötürü, daha fazla olasıdır. Bazı çevrebilimciler tropikal kuşakta yırtıcıların görece bolluğunun, alçak enlemlerde küçük kuluçka büyüklüklerinin evriminde besin kaynağından daha önemli olduğunu öne sürmektedir. ■

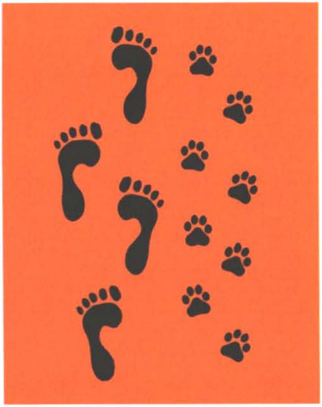
Kardeş öldürme ve mavi ayaklı sümsükkuşu

Mavi ayaklı sümsükkuşları, Pasifik okyanusunun yerli deniz kuşlarıdır. Besinlerini okyanustan alırlar ama üremek için kıyıdaki kayalıklara gelirler. Dişi, kabaca beş gün arayla iki yumurta yapar; böylece ikinci civciv yumurtadan çıktığı sırada birincisi epeyce büyümüş olur. Besin bol olduğunda ebeveynler ikisini de yuvadan uçana (tüylenene) kadar beslemeye yetecek besini bulabilir. Ne var ki besin kıt olduğunda büyük civciv küçük kardeşini gagalayarak öldürür. Ardından büyük civciv daha fazla besin alabilir ve tüylenmesi daha fazla olasıdır. Besin kıtken küçük kardeşini öldürmese her iki civciv de aç kalabilir.

Yalnızca besinin bulunabilirliğine dayanan bu davranışa "istemli kardeş öldürme" denir. Maskeli sümsükkuşları ise, aksine, "zorunlu kardeş öldürme"yi uygular – yumurtadan ilk çıkan civciv, ne kadar çok besin bulunursa bulunsun, neredeyse her zaman erkek ya da dişi kardeşini öldürür.



Mavi ayaklı sümsükkuşları, genetik faktörler tarafından kardeş katili olmaya itilir. Bir kardeşin öldürülmesi failin yararına olabildiği gibi, tüm türün hayatta kalmasını da sağlar.



SADIK BİR KÖPEKLE KURULAN BAĞ BU DÜNYADA KURULABİLECEK BAĞLAR KADAR KALICIDIR

HAYVAN DAVRANIŞI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Konrad Lorenz (1903–89),
Nikolaas Tinbergen (1907–88)

ÖNCE
1872 Charles Darwin'in *İnsanda ve Hayvanlarda Duyguların İfadesi* kitabı, davranışın içgüdüsel olduğunu ve genetik bir temeli bulunduğunu varsayar.

1951 Nikolaas Tinbergen'in *The Study of Instinct*'i, hayvan davranışını inceleyen etolojinin temellerini ve arkasındaki teoriyi ortaya koyar.

SONRA
1967 İngiliz zoolog Desmond Morris popüler kitabı *Çıplak Maymun*'da etolojiyi insan davranışlarına da uygular.

1976 İngiliz evrimsel biyolog Richard Dawkins bir hayvanın davranışının çok büyük bölümünün genlerini aktaracak şekilde nasıl tasarlandığını açıklayan *Gen Bencildir*'i yayımlar.

Her köpek sahibi, köpeğiyle yaşadığı sevgi ve sadakat ilişkisini anlatır. Avusturyalı zoolog Konrad Lorenz *Ve İnsan Köpekle Tanıştı*'da (1949) bu davranışı açıklamaya koyulur. Köpeklerin ve diğer evcil hayvanların davranışını, koşullanmayla öğrenilen davranışa karşıt olarak esasında doğuştan, "içgüdüsel faaliyet" olarak açıkladı. Lorenz bu türden içe işlemiş davranışların hayvanın tür olarak hayatta kalmasına yardımcı olduğunu öne sürdü. Örneğin, evcil bir köpeğin insan efendisine sadakati, avlanma başarısı ve güvenlik bakımından yararlı olduğu için sürü liderine sadık olan vahşi atalarının davranışından kaynaklanır.



Ördek yavrularını mühürleme, manipüle edilebilir içgüdüsel davranışın bir örneğidir.

Saha deneyleri

Lorenz teorilerinde yalnız değildi. Bu alanda çalışan diğer biyologlar arasında Avusturyalı Karl von Frisch ve hayvanları doğal çevrelerinde inceleyen Hollandalı Nikolaas Tinbergen de vardı. O zamana kadar hayvan davranışlarına ilişkin pek çok inceleme laboratuvarlarda ya da yapay ortamlarda gerçekleşmişti; bu yüzden tanık olunan davranış tamamen doğal değildi. Yaban hayatında hayvanları incelemenin kendi zorlukları vardı – özellikle bulguların anekdot değil, olgu olarak kabul edilebilmesi için tekrarlanabilen titiz saha deneyleri tasarlarken.

"Etoloji" terimini, Amerikalı entomolog William Morton Wheeler 1902'de, hayvan davranışlarının bilimsel incelenmesini tarif etmek için türetti. Etologlar hayvanları doğal habitatlarında inceler; bir hayvanın davranışını ekolojisi, evrimi ve genetiğiyle ilişki içinde açıklamak için laboratuvar incelemelerini saha çalışmalarıyla birleştirir.

Etologlar belli durumlarda bir hayvanın öngörülebilir davranış sergilediğini bulguladı. Buna "sabit

Ayrıca bkz: Bencil gen 38–39 ▪ Saha deneyleri 54–55 ▪ Kilittaşı türler 60–65 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Kuluçka kontrolü 114–115 ▪ İnsan davranışını anlamak için hayvan modelleri kullanma 118–125 ▪ Böceklerde ısı düzenleme 126–127

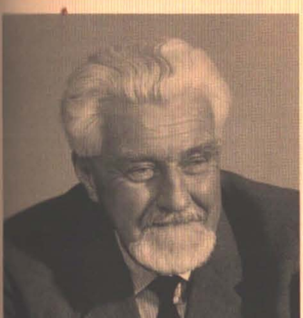
eylem yapısı" (FAP – fixed action pattern) dediler. Bir FAP'ın oturmuş özellikleri vardır. Türe özgüdür; her seferinde aynı şekilde tekrarlanır ve deneyimden etkilenmez. Davranışın tetikleyicileri ("işaret uyarıcılar") oldukça özgüldür ve bir rengi, örüntüyü ya da sesi gerektirebilir. Örneğin erkek dikenlibalıklar, başka bir erkek kendi bölgelerine girince saldırganca tepki verir. Etologlar, erkeğin karnının altındaki kırmızıyı görmenin bu tepkiyi tetiklediğini öne sürüyorlar.

Nikolaas Tinbergen, bazı yapay işaret uyarıcıların gerçek şeyden daha iyi çalıştığını bulguladı. Besini geri çıkarması için ebeveyn martının gagasının üzerindeki kırmızı bir noktayı gagalayan martı yavrularının dilenme davranışını araştırdı. Yavruların bir martı gagası modelini de gagaladıklarını gördü ama ucunda üç beyaz çizgi bulunan ince bir kırmızı kurşunkalem sunulunca, yavrular bunu daha da coşkuyla gagaladı. Tinbergen buna içgüdüsel hayvan davranışının yapay olarak manipüle edilebildiğini gösteren "normal-üstü uyarıcı" dedi. ■

Ekolojik deneyin dört öğesi



Konrad Lorenz



Viyana'da doğan Lorenz küçük yaştan itibaren hayvanlara bağlandı ve balık, kuş, kedi ve köpek besledi. Bir ortopedi cerrahının oğluydu; tıp okuduğu Viyana Üniversitesinden 1928'de mezun oldu ve 1933'te zooloji dalında doktorasını tamamladı. Sayısız evcil hayvanı, ilk incelemelerinin konusu oldu. Lorenz "mühürleme" olarak bilinen fenomeni tanımlamasıyla tanınır. Yumurtadan yeni çıkan yavrular gördükleri ilk şeye (genellikle ebeveynleri) bağlanır ve onu takip eder. Ördeklerde ve diğer kuşların yanı sıra memelilerde de görülen bu davranış içgüdüseldir ve doğumdan hemen sonra gerçekleşir. Lorenz yumurtadan yeni çıkan ördek yavrularına bir ördek gibi vakvaklayarak bu teoriyi kanıtladı. Çok geçmeden, gittiği her yere peşinden giden bir ördek yavruları kabilesine sahip oldu.

Önemli eserleri

1952 *Hz. Süleyman'ın Yüzüğü*
1949 *Ve İnsan Köpekle Tanıştı*
1963 *Saldırganlığın Doğası Üzerine*
1981 *The Foundations for Ethology*

"ALET"İ YENİDEN TANIMLA, "İNSAN"I YENİDEN TANIMLA YA DA ŞEMPANZELERİ İNSAN OLARAK KABUL ET

İNSAN DAVRANIŞINI ANLAMAK İÇİN HAYVAN MODELLERİ KULLANMA



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Jane Goodall (1934–)

ÖNCE
1758 Taksonominin babası Carl Linnaeus, insanları doğanın geri kalan kısmının içinde sınıflandırmaya cesaret eder ve bize *Homo sapiens* ("akıllı insan") der.

1859 Charles Darwin'in evrim teorisi, insanın hayvan krallığından farklı olduğunu öne süren yerleşik görüşe meydan okur.

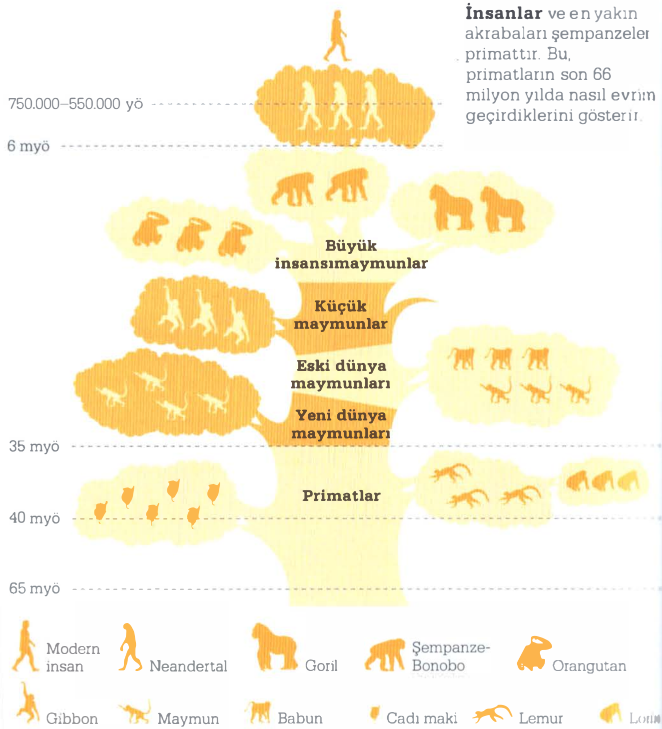
SONRA
1963 Konrad Lorenz *Saldırganlığın Doğası Üzerine* kitabını yayımlar, insanlardaki savaşçı davranışın doğuştan olduğunu öne sürer.

1967 İngiliz zoolog ve etolog Desmond Morris insan davranışını hayvan krallığı bağlamında açıklayan *Çıplak Maymun*'u yayımlar.

> Aslında biz, Pan narrans'ız, öykü anlatan şempanzeyiz.
>
> **Terry Pratchett**
> ***İngiliz fantastik romancı***

Primatlar Ağacı

İnsanlar ve en yakın akrabaları şempanzeler primattır. Bu, primatların son 66 milyon yılda nasıl evrim geçirdiklerini gösterir.



İnsanların ve diğer hayvanların genomlarının haritasını çıkaran modern moleküler incelemeler ilk kez 19. yüzyılın ortasında Charles Darwin'in öne sürdüğü bir teoriyi doğruladı: Büyük insansımaymunlarla ortak bir atayı paylaşıyoruz. Şempanzenin (Pan troglodytes) ve bonobonun ya da cüce şempanzenin (Pan paniscus), yaşayan en yakın akrabalarımız olduğuna bugün çok az bilim insanı itiraz eder. Bu nedenle bu hayvanlara ilişkin incelemeler kendimizi ve davranışlarımızın kökenini öğrenmek için bize eşsiz bir olanak sunar. Yine de bilim topluluğu, insanoğlunun doğanın geri kalan kısmından farklı olduğuna inanmaya yıllarca devam etti.

Şempanze ile insan arasındaki benzerliklere gözlerimizi açan, İngiliz primatolog Jane Goodall'ın eseri oldu. 1961'de, akıl hocası Louis Leakey'le heyecanlı bir görüşmede, kurulu bilim dünyasını sarsacak bir gözlemini ilan etti: Bir şempanzenin alet kullandığını görmüştü. Bu davranış ilk kez belgeleniyordu ve insan olmanın ne anlama geldiğine ilişkin egemen düşüncelere meydan okuyacaktı.

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Doğanın tüm organizmalarını tanımlamak için bir sistem 86–87 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Hayvan davranışı 116–117

Goodall'un doğa tarihi bilgisi, 1957'deki ilk görüşmelerinde Leakey'i etkilemişti ve ona, şempanzelerin davranışını araştırma işini teklif etti. Bir antropolog ve paleontolog olarak Leakey, insansılar familyasında insanların ve büyük insansımaymunların –şempanzeler, bonobolar, goriller ve orangutanlar– ortak bir atayı paylaştığını öne süren evrim teorisine inanıyordu.

Bağlantı kurma

Leakey'in saha çalışması "kayıp halka"yı –ortak ata ile insanlar arasındaki geçiş formlarının fosilleri– aramaya odaklıydı. Şempanzeler yaban ortamda ciddi bir biçimde incelenmemişti ve böyle bir çalışma, Leakey'e göre, ilk insanların evrimine ışık tutabilirdi. Keskin bir gözlemci ve akademik bağları olmayan Goodall bu iş için idealdi. Leakey'in umduğu gibi, teoriye yeni bir bakış açısı sundu ve şempanzeler ile insanların düşünülenden daha fazla benzer olduklarını söyleyecek kadar cesurdu. Bu zamana kadar, bilimsel ve popüler konsensüse göre, alet tasarlama ve yapma yeteneği insanların, hayvan krallığının geri kalanından üstün olduğunun işaretiydi. Goodall'un bulguları bilim insanlarını tekrar düşünmeye zorladı.

Goodall'un kampı Tanzanya'da, Gombe Suyu Milli Parkındaydı; orada Tanganyika Gölünün doğu kıyısında bir şempanze topluluğunu inceledi. Gerçek kontrolsüz davranışlarına tanık olmak için şempanzelerin arasında yaşamayı tercih eden Goodall biyologların hayvanları doğal çevrelerinde izleyip doğal davranışlarını anlamaya çalıştığı etoloji alanında çalışan ilk kişiler-



Bir şempanze, yiyeceği termitleri yakalamak için yaprakları koparılmış ince bir dal –değiştirilmiş bir "alet"– kullanır. Goodall, şempanzelerin basit teknolojiler icat etme yeteneğini ilk kez Gombe'de kaydetti.

Jane Goodall



1934'te Londra'da doğan Jane Goodall'un bir şempanzeyle ilk karşılaşması, babasının Jubilee adını taktığı doldurulmuş bir hayvandı. Erken yaştan itibaren hayvan davranışlarına merak sardı – bir keresinde bir tavuğun yumurtlamasını görebilmek için saatlerce bir kümese saklandı. 18 yaşında okulu bıraktı ve çeşitli işlerde çalıştıktan sonra 1957'de Kenya'ya gitti ve paleoantropolog Louis Leakey'le tanıştı. Goodall, onun desteğiyle 1960'ta Tanzanya'da, Gombe'de bir araştırma üssü kurdu; orada 1975'e kadar şempanzeleri inceleyecekti. Çalışmaları şempanzelerle ilgili anlayışımızı kökten dönüştürdü ve doğal dünyadaki yerimizle ilgili egemen görüşlere meydan okudu. 1965'te Cambridge Üniversitesinde etoloji dalında doktora derecesi aldı. Aldığı ödüller arasında, 2006'da verilen Fransa'nın Légion d'honneur nişanı da vardır.

Önemli eserleri

1969 *My Friends the Wild Chimpanzees*
1986 *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behaviour*
2009 *Hope for Animals and Their World*



Jane Goodall, 2006'da Gombe Milli Parkında elinde not defteriyle çalışıyor. Öncü primatolog tehlike altında olan şempanzeleri korumaya ömür boyu bağlılığını sürdürüyor.

den biriydi. Kamptaki ilk birkaç ay boyunca şempanzeler ondan kaçtı ama daha sonra onun orda olduğunu unutmaya başladılar.

Goodall saatlerce oturup şempanzeleri gözlemledi, mesafesini koruyup sürekli saha notları aldı. 1961 Kasımında bir sabah David Greybeard adını verdiği bir şempanzenin bir termit yuvasının başında oturduğunu fark etti. Ot saplarını yuvanın içine sokup çıkarıyor, sonra ağzına koyuyordu. Bir süre izledikten sonra şempanze çekip gitti. Şempanzenin oturduğu yere gidince Goodall kullanılıp yere atılmış ot saplarını gördü. Saplardan birini alıp yuvanın içine sokunca, tahrik edilen termitlerin sapı ısırıp tutunduğunu gördü. Şempanzenin ot saplarını balık oltası gibi kullanıp termit "avladığını" ve ağzına attığını anladı.

Leakey'le konuşmalarından Goodall bunun büyük keşif olduğunu biliyordu. Şempanzelerin ince ağaç dallarının yapraklarını koparıp termit yuvalarında kullandıklarını da gördü; şempanzeler yalnızca alet kullanmıyor, yapıyordu da.

Şempanze teknolojisi

Daha sonra Goodall, Gombe topluluğunda şempanzelerin kullandığı dokuz farklı alete tanık oldu. O sırada bilim insanları Goodall'un yöntemlerini sorguluyor ve şempanzelere sayı yerine ad vermesiyle dalga geçiyor, saha çalışmasının titizlikten uzak olduğunu ima ediyorlardı. Ne var ki, o günden beri bütün dünyada birçok araştırma onun bulgularını doğruladı: Kongo'da şempanzelerin termit yuvalarında kullanmak için ince ağaç dallarının yapraklarını yoldukları gözlemlendi; Gabon'da şempanzelerin, içinde arı kovanlarını açmak için ağır bir sopa ve kepçe gibi kullanıp bal boşaltmak için ağaç kabukları bulunan beş parçalı bir "alet çantasıyla" ormana daldıkları görüldü. Senegal'de ava çıkan şempanze gruplarının, çiğneyip ucunu sivrilttikleri ve çalı bebeklerini öldürmek için mızrak gibi kullandıkları sopalarla dolaştıkları gözlemlendi.

> İnsanları düşmüş bir melek olarak değil, yükselmiş bir insansımaymun olarak gördüm.
>
> **Desmond Morris**
> ***İngiliz zoolog***

> İnsaymunlara benzediğimizi kabul ederiz ama insansımaymun olduğumuzu nadiren idrak ederiz
>
> **Richard Dawkins**
> ***İngiliz evrimsel biyolog***

Farklı olmaktan çok, benzer

Etologlar birkaç türde incelenen davranışları alıp birçok tür için geçerli genellemeler formüle eder. Hayvan davranışının insan davranışı için bir model olabileceği düşüncesi 1950'lerde ve 1960'larda Konrad Lorenz, Nikolaas Tinbergen ve Karl von Frisch gibi etologların çalışmalarında kök saldı. Hayvanları doğal habitatlarında incelerken hayvanların yaşamının ne kadar karmaşık olduğunu gördüler. İçgüdüsel ve öğrenilmiş davranışlardan kaynaklanan toplumsal etkileşimleri anlamaya başladılar. Hayvan araştırmaları insan davranışlarına ayna tutuyordu.

İnsanların diğer türlerden tamamen farklı olduğuna ilişkin ısrarlı inanç, gen haritasının gelişiyle birlikte çürütüldü. 2005'te şempanze genomunun haritası çıkarılıp –bunu diğer insansımaymunlar izledi– insan genomuyla karşılaştırılınca sonuçlar netti. İnsanlar DNA'larının yüzde 98,8'ini şempanzelerle, yüzde 98,4'ünü gorillerle, yüzde 97'sini orangutanlarla paylaşıyordu. İnsanlar ve insansımaymunlar, farklı olmaktan çok, benzerdi. Yine de bu yüzdelerin vücuda protein yapmayı emreden, insan genomunun çok küçük bir bölümünü (yaklaşık yüzde 2) oluşturan genlere dayandığını belirtmek gerekir. Muhtemeldir ki, insanları şempanzelerden farklı yapan şeyler, DNA'nın daha önce gereksiz sanıldığı için "çöp DNA" denilen bölgelerinde bulunabilir. Şimdi, bu çöp DNA'nın, genlerin nasıl ve ne zaman ifade bulduğuna ilişkin yaşamsal bilgiler barındırdığı biliniyor. Yine de insanların ve insansımaymunların DNA'ları arasındaki benzerlikler çarpıcıdır.

Et yiyen avcılar

İncelemeleri sırasında Goodall şempanzelerin et yediğine ve avlandığına da tanık oldu. Alet yapma konusunda olduğu gibi, şempanzelerin etçil yırtıcı olduğu düşüncesi genel kabul gören bilgiye aykırıydı. Başlangıçta bilim insanları bunun istisnai bir davranış olduğunu iddia etti ama araştırmalar devam ettikçe ve daha fazlası görülünce kanıtlanan bir olgu haline geldi. Tanzanya'daki Gombe'den ve Mahale Dağları Milli Parkından Fildişi sahilindeki

Kromozom kanıtı

Kromozomlar karşılaştırıldığında ortak ata lehine güçlü bir kanıt görülür. Şempanzelerin (ve gorillerin) 24 çift kromozomu vardır. İnsanların yalnızca 23 çift. Evrim uzmanı bilim insanlarının inancına göre, ortak bir atadan uzaklaştığında insanlarda iki kromozom kaynaştı; diğer insansımaymunlardan bir çift eksiğimizin olmasının nedeni budur.

Her kromozomun ucunda telomer denilen genetik işaretleyiciler –ya da DNA dizileri– vardır. Her kromozomun ortasında sentromer olarak bilinen farklı bir diziliş vardır. İki kromozom kaynaşmışsa her uçta ve kromozomun ortasında telomere benzer bölgeler görmek olanaklı olmalıdır. Ayrıca kaynaşmış kromozomların iki sentromeri olurdu. Bilim insanları bunu aradı ve buldu. İnsanın kromozom 2'si, 2a ve 2b şempanze kromozomunun kaynaşmasıymış gibi görünüyor. Şempanzelerle, bonobolarla ve gorillerle ortak bir atayı paylaştığımız, neredeyse hiç kuşku götürmez.



Bir alfa erkeğin beden dili, Gombe Milli Parkında avdan pay isteyen şempanzelere "uzak durun" diyor. Şempanzelerin ana av kaynağı kolobus maymunudur.



Yetim şempanzeler – anneleri vahşi hayvan eti için öldürülmüş– Batı Afrika'da bir koruma merkezinde bekçileriyle birlikte çamurlu bir yolda yürüyorlar.

Şempanzelerin korunması

Tanzanya'da Jane Goodall Enstitüsüne göre, yabanda yaşayan şempanzelerin sayısı son yüzyılda hızla düştü. 1900'de Afrika'da tahmini 1 milyon şempanze vardı; bugün sayıları 300.000'in altındadır. Artan insan nüfusunun daha fazla alana ihtiyaç duyması nedeniyle habitat kaybının büyük bir etkisi oldu; kerestecilik ve madencilik gibi sanayiler de habitatı yok etti ve yaptıkları yollarla şempanze topluluklarını parçaladı. Yollar başka bir zararlı faaliyeti de teşvik eder: Vahşi hayvan eti – Afrika'da insansımaymunları da içeren çok değerli bir et avcılığı. Yollar, avcıların kasabalardan doğrudan ormanlara gitmelerini olanaklı kılar. Şempanzeleri koruma, arazi korumaya ve hem yöresel, hem küresel düzeyde farkındalığı yükseltmeye odaklanır.

Tai Milli Parkına kadar şempanzelerin incelendiği her yerde et yeme rapor edildi. Böyle bir davranışın, insan evrimi bakımından içerimleri vardır. Bilim uzun süredir insanların neden ve ne zaman et yemeye başladığını sorguluyordu. Tarihöncesi taş aletlerden ve kemiklerin üzerindeki işaretlerden, paleontologlar 2,5 milyon yıl önce ilk insansıların hayvan kemiklerinden et kesmek için taş alet kullandıklarını biliyorlardı, ama şempanzelerin ve insanların atasının yaşadığı sanılan 2,5 milyon yıl önce ile 7 milyon yıl önce arası dönemde ne yedikleri bilinmiyor.

Bu ilk insansıların av avlaması olasıdır. Şempanzeler gibi büyük köpekdişlerine sahip olmamalarına rağmen bunlar küçük avlar avlamak ve öldürmek için zorunlu değildir. Biyologlar kolobus maymunu avlayan şempanzelerin onları ağaçlardan yakalayıp yerde defalarca yumruklayarak öldürdüklerini gözlemledi; ilk insansılar, bilinen en eski aletlerden önce benzer bir biçimde avlanmış ve avını öldürmüş olabilir.

İşbirlikçi davranış

Şempanzelerin avlanma davranışının insanlarınkine benzeyen bir yanı da toplumsal öğedir. Şempanzeler bazen tek başlarına avlanmalarına rağmen avlanma bir grup faaliyeti olma eğilimindedir. Şempanzeler ormana dalar, konumlarını koordine eder ve avın etrafını sarar. Avdan sonra yiyecek paylaşılır. Bu durum, insanların ilk atalarının işbirlikçi davranışı – evrim süreçlerine katkıda bulunan bir faktör– nasıl geliştirmiş olabileceklerini gösterir.

Şempanze savaşı

Gombe kampından çıkan sarsıcı ifşalardan biri de şuydu: Şempanzeler şiddete, cinayete ve özellikle savaşa yeteneklidir – bir zamanlar sadece insanlara özgü olduğuna inanılıyordu. 1974 ile 1978 arasında Jane Goodall izlediği barışçıl şempanze topluluğunun birbirine vahşi savaş açan iki rakip gruba ayrıldığını gördü. Şempanzelerin pusuya düşürme, çocuk kaçırma ve kanlı cinayet içeren faaliyetleri karşısında çok üzüldü. Savaşın tetikleyicisi belli değildi; bazı araştırmacılar Goodall'un alanda kurduğu beslenme istasyonlarını suçladı – istasyonlar doğal olmayan şempanze topluluklarını teşvik etmiş olabilir. Sırrın yanıtı Mart 2018'de geldi; Duke ve Arizona eyalet üniversitelerinde bir araştırma ekibi tüm erkek şempanzelerin sosyal ağlarını ve ittifaklarını analiz etmek için Goodall'un 1967'den 1972'ye kadar titiz denetim çizelgelerini ve saha notlarını dijitalleştirip bir bilgisayara yükledi. Bulguları, topluluktaki bölünmenin savaş çıkmadan iki yıl önce gerçekleştiğini ortaya çıkardı. İki yıl önce Goodall'un Humphrey adını verdiği bir alfa erkeği topluluğun yönetimini ele

Şempanzeler daha fazla kaynak ya da eş edinmek için savaşabilir, ama bazı primatologlar, böyle bir saldırganlığın doğal olmadığını, habitatları üzerindeki insan etkisinin buna neden olduğunu savunuyor.



> Aklıma koydum; büyük torunlarım Afrika'ya gidip vahşi insansımaymunlar bulabilecek.
> **Jane Goodall**

geçirip Charlie ve Hugh adlı iki kıdemli erkeği uzaklaştırdı; onlar da gruptan ayrılıp bazı şempanzelerle birlikte güneye gitti. İki grup giderek daha fazla birbirinden uzaklaştı, ormanın farklı bölümlerinde avlandı. Önce tuhaf saldırgan atışmeler başladı ve ardından savaş çıktı. Dört yıl içinde Humphrey ve tayfası güneydeki grubun tüm erkeklerini öldürdü ve hayatta kalan üç dişiyle birlikte topraklarını ele geçirdi. Savaşın kuzeyli grupta olgun dişi eksikliğinden kaynaklanmış olabileceği düşünülüyor. İktidar mücadeleleri ve bir dişi için savaş, çok insani gibi görünüyor.

Kaynak savaşları

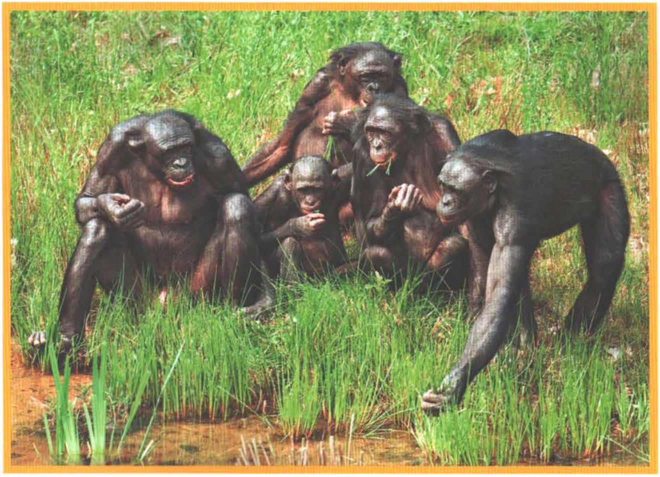
Goodall'un tanık olduğu uzun soluklu savaş şempanzeler arasında tamamı belgelenmiş tek uzun süreli çatışmadır, ama şempanze toplulukları içinde şiddet birçok kez kaydedilmiştir. Bebek şempanze kaçıran ve öldüren, sevilmeyen bir alfa erkeğine kafa tutan şempanzeler gözlemlendi. Uganda'da incelenen topluluklarda erkekler, çiftleştikleri dişileri hep döver. Şempanzelerdeki bu şiddet damarının, besin kaynaklarıyla ve et yemeyle ilişkili olabileceği düşünülüyor. Besin sınırlı olunca, şempanzeler ihtiyaç duydukları kaynakları edinmek için daha fazla şiddetdüşkünüolur. Şempanzelerin meyve kıt olunca daha fazla et yedikleri biliniyor.

Öpüşen kuzenler

Şempanzelerde besin kıtlığı ile saldırganlık arasındaki bağ, primat dünyasındaki diğer evrimsel kuzenlerimizin, bonoboların (cüce şempanzeler) neden bu kadar barışsever olduklarını açıklayabilir. Bu küçük, uysal şempanzeler hepçildir ama meyvenin çoğu zaman bol olduğu bir çevrede yaşarlar. Gruplar halinde yiyecek ararlar ve sosyal durumlarda gerilimleri yumuşatmak için seksi kullanma eğilimindedirler. Erkek egemen şempanze topluluklarından farklı olarak anaerkil olan Bonobo toplumlarında çatışma enderdir.

2017'de Duke Üniversitesinde araştırmacıların gerçekleştirdiği bir deney, bonoboların özgeci de olduklarını gösterdi. İki bonobo (birbirini tanımayan), aralarında bir çit bulunan iki bitişik odaya (A ve B) konuldu; odaların birinde (B) bir parça meyve asılıydı. A odasındaki bonobo meyveyi düşürebiliyordu ama ona yetişemiyordu. Araştırmacılar bu bonobonun kendisine hiçbir faydası olmadığı halde, diğeri ulaşabilsin diye meyveyi sürekli düşürüp bir yabancıya yardım ettiğini gördü.

Araştırmacılar, bir filmde esneyen yabancı bir bonobo görüntüsünün, filmi izleyen bonobolarda esnemeyi tetiklediğini de gözlemledi; bu durum empati kapasitesini gösteriyordu. Bazı araştırmalar bonoboların sıkıntıdayken birbirlerini nasıl rahatlattıklarını da gösterdi. İnsanların şempanzelerle paylaştığı "olumsuz" davranıştan farklı olarak bu özellikler, şefkat gibi daha övgüye değer insan özelliklerini yansıtır. Bonoboların bu tür davranışlarını anlamak, insani toplumsal davranışımızın nasıl geliştiğine ışık tutabilir. ■



Bonobolar çok sosyal primatlardır. Empati kapasiteleri onları daha az saldırgan yapar ve insan kuzenlerine, şempanzelerden daha yakın bir yere koyar.



HER BEDENSEL FAALİYET ISIYA DAYANIR

BÖCEKLERDE ISI DÜZENLEME

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Bernd Heinrich (1940–)

ÖNCE
1837 İngiltere'de George Newport uçan böceklerin vücut ısılarını ortam sıcaklığının üstüne çıkarabildiklerini gözemler.

1941 Danimarkalı araştırmacılar August Krogh ve Eric Zeuthen, bir böceğin uçma kaslarının uçuşa geçmeden hemen önceki ısısının uçuş sırasında kasların çalışma oranını belirlediği sonucuna ulaşır.

SONRA
1991 Alman biyolog Harald Esch, kas "ısıtmanın" uçuşa hazırlanmanın yanı sıra koloni savunmasında ve kuluçkaya yatmada nasıl rol oynadığını açıklar.

2012 Kızılötesi termografi kullanan İspanyol zoolog Jose R. Verdu, bazı bokböceği türlerinin uçuş performanslarını iyileştirmek için göğüskafeslerini nasıl ısıttıklarını ya da soğuttuklarını gösterir.

Böcekler genellikle "soğukkanlı" ya de ektoterm olarak tarif edilir. Vücut ısılarını az çok sabit bir düzeyde tutan memelilerden ve diğer "sıcakkanlı" endotermlerden farlı olarak böceklerin değişken bir vücut ısıları vardır; çevreleriyle birlikte değişir.

Ne var ki, 19. yüzyılın başında İngiliz entomolog George Newport bazı güvelerin ve arıların, kaslarını hızla esneterek göğüskafeslerinin (kanatların ve bacakların bağlı olduğu gövde bölümü) ısısını çevredeki hava sıcaklığının üstüne çıkardığını keşfetti. Şimdi birçok böceğin heteroterm olduğu, vücudun farklı bölümlerinde farklı sıcaklıklar bulunduğu ve bazen ortam ısısından daha sıcak olduğu biliniyor.

> Böceklerde... aktif uçuş kasları... metabolizma bakımından bilinen en aktif dokulardır.
>
> **Bernd Heinrich**

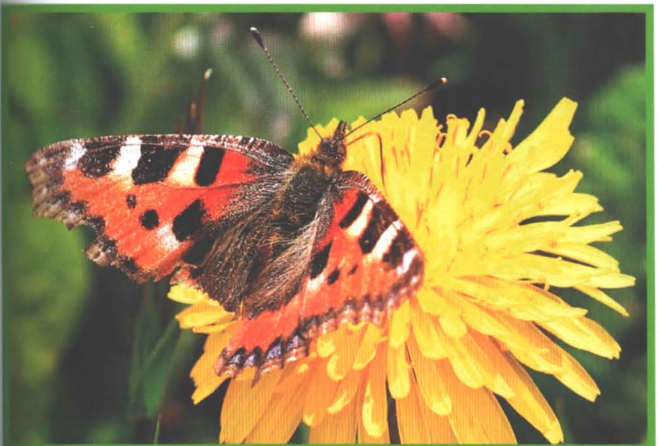
Doğru ısı

Böceklerin karşı karşıya kaldığı esas zorluk, uçacak kadar ısınmak, ama aşırı ısınmayacak kadar soğumaktır. Alman kökenli Amerikalı entomolog Bernd Heinrich 1974'te, güvelerin, arıların ve kın kanatlı böceklerin kendi ısılarını kontrol ederek çalışmaya nasıl devam edebildiklerini açıkladı. Böceklerin termal adaptasyonlarının omurgalılarınkinden sanıldığı kadar farklı olmadığını anladı.

Pek çok uçan böceğin diğer hayvanlardan daha yüksek metabolizma hızları vardır, ama vücutları küçük olduğu için hızla ısı kaybederler; bu yüzden vücut ısılarını her zaman sabit tutamazlar. Bir böceğin uçmasına olanak veren minimum sıcaklık türden türe değişir, ama maksimum sıcaklar 40-45°C aralığındadır. Böcekler aşırı ısınmayı önlemek için göğüskafesinden karına ısı transferi yapabilir.

Birçok uçan büyük böcek uçuş kaslarının ısısını artıramasaydı yerde kalırdı. Bu böcekler uçuşa geçmeden önce kanat çırpmayı kontrol eden kasları "titretir",

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Ekofizyoloji 72–73 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Organizmalar ve çevreleri 166



Bir kelebek, hindibayla besleniyor. Pek çok kelebek, davranışsal ısı düzenleme denilen bir süreçle serinlemek için kanatlarını yukarı dikebilir.

Uçunca kaslar büyük miktarda kimyasal enerji kullanır ama bunun yalnızca bir kısmı kanat çırpmak için kullanılır; geriye kalan daha fazla ısı olur. Bu, doğrudan Güneş ışığının sıcaklığıyla birleşince uçan bir böceğin aşırı ısınması anlamına gelir.

Bu sorunu çözmek için birçok türün, fazla ısıyı göğüskafesinden karına aktarıp böceğin göğüskafesinde kararlı bir sıcaklığı sürdürmesine olanak veren bir ısı değişimi mekanizması vardır.

Teknik yelpazesi

Kelebekler kanatlarının açısını değiştirerek vücut ısılarını kontrol ederler. Isınmaya çalışırken kanatlarını sonuna kadar açmak, üzerlerine düşen Güneş ışığını maksimum düzeye çıkarır. Serinlemeye çalıştıklarında gölgeye kaçarlar ya da daha az Güneş ışığı üzerlerine düşecek şekilde kanatlarını yukarı dikerler.

Bazı böcekler vücut ısılarını düzenlemek için daha da dikkate değer yöntemler kullanır. Bir sivrisinek bir memelinin sıcak kanını içince vücut ısısı artar. Bunu telafi etmek için karnının uç tarafında tutulan sıvı damlacıkları üretir; bu damlacıkların buharlaşmasıyla böceğin vücut ısısı düşer. Bokböcekleri, dişilerin yumurtalarını bıraktıkları gübre topları inşa eder. Bazı bokböcekleri ağır topları yuvarlayabilmek için göğüskafeslerinin ısısını yükseltebiliyor.

Isı düzenleme tekniklerinin genişliği, yaşam formlarının, çevrelerine daha iyi uyum sağlamak için nasıl evrildiklerini gösterir. Teknolojiye de ilham verebilirler: Güneş'i izleyecek şekilde dizilmiş Güneş panelleri maksimum miktarda Güneş ışığı alır – tıpkı kelebek kanatları gibi. ■

Isı düzenleme

Balarıları, kovanlarının ısısını kontrol etmekle ünlüdür. Kovan çok ısınınca sıcak havayı yuvadan çıkarmak için kanatlarını vantilatör gibi kullanarak kovanı havalandırır. Çok soğuyunca arılar uçuş kaslarını hızla kasarak ve gevşeterek metabolizma ısısı üretir. Isıyı bir savunma mekanizması olarak da kullanırlar. Japon dev eşekarıları, balarılarının azgın düşmanıdır. Hızla çok sayıda balarısı öldürebilen eşekarıları arı yuvaları için ciddi bir tehdit oluşturur. Eşekarıları kovanın girişinde balarılarını birer birer toplayarak saldırılarına başlar. Ama Japon balarıları ürettikleri ısıyla kendilerini savunur. Bir eşekarısı saldırırsa balarıları etrafını sarıp kanatlarını çarparak kolektif ısılarını yükseltirler. Balarıları 48°C ısıya dayanabildiği halde eşekarıları 46°C'nin üstünde bir sıcaklığa dayanamadığı için saldırgan sonunda ölür.



Bu Japon dev eşekarısı, Japonya'da Hase Vadisinde bir arı yuvasındaki peteklere saldırıyor. Eşekarıları gözelerin içindeki arı larvalarını yemeye çalışır.

EKOSİST

EMLER

1718
Richard Bradley bitkilerin, polen taşıyan böceklerin ve böcek-yiyenlerin bir **besin zincirinde** birbirine nasıl güvendiklerini açıklar.

1859
Charles Darwin *Türlerin Kökeni*'nde **besin ağlarını** açıklar.

1927
Charles Elton *Animal Ecology*'de besin ağı düşüncesini geliştirir ve **ekolojik niş** kavramını tanıtır.

1935
Arthur G. Tansley **ekosistem** terimini türetir; bir çevre ile onun tüm organizmalarının **tek bir etkileşimli kendilik** olarak görülmesi gerektiğini savunur.

1942
Ecology dergisi Raymond Lindeman'ın "Ekolojinin trofik-dinamik yanı" makalesini yayımlar.

1957
G. Evelyn Hutchinson, Cold Spring Harbor Nicel Biyoloji Sempozyumlarında **niş genişliği** kavramını oluşturur.

1960
Nelson Hairston, Frederick Smith ve Lawrece Slobodkin'in **"yeşil dünya hipotezi", yırtıcı-av dengesinin** ekosistemlerin gelişiminin anahtarı olduğunu öne sürer.

Aristoteles başkaları için var olan bitki ve hayvan türlerini yazarken besin zincirlerine ilişkin temel bir anlayışı sergiliyordu – Antik Yunanlaların zamanından beri sayısız doğal dünya gözlemcisinin yaptığı gibi. Arap bilgin El-Cahiz, 9. yüzyılda üç düzeyli bir besin zinciri tarif etti; aynısını 1717'de Hollandalı mikroskopçu Antonie van Leeuwenhoek yaptı. İngiliz doğabilimci Richard Bradley 1718'de besin zincirleri üzerine daha ayrıntılı bulgular yayımladı ve 1859'da Charles Darwin, *Türlerin Kökeni* kitabında doğal çevrede "karmaşık bir ilişkiler ağı"nı tasvir etti. Çok sayıda yırtıcı-av etkileşiminin olduğu bir besin ağı kavramı, klasik eseri *Animal Ecology*'de (1927) Charles Elton tarafından daha da geliştirildi. Hemen peşinden ekosistem ("tanınabilir kendine yeterli kendilik") kavramı geldi; 1935'te İngiliz botanikçi Arthur Tansley organizmaların ve çevrelerinin tek bir fiziksel sistem kabul edilmesi gerektiğini yazdı. Amerikalı çevrebilimci Raymond Lindeman doktora tezinde Tansley'in çalışmasını genişletti ve ekosistemlerin, "herhangi bir büyüklükte bir uzay-zaman birimi içinde aktif" fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerden oluştuğunu varsaydı.

Lindeman, her biri hayatta kalmak için bir öncekine bağımlı beslenme düzeyleri ya da trofik düzeyler düşüncesini de tasarladı. 1960'ta Nelson Hairston, Frederick Smith ve Lawrence Slobodkin'den oluşan Amerikalı bir ekip farklı trofik düzeylerde hayvanları kontrol eden faktörlere ilişkin bulguları yayımladı. Hem yırtıcıların yukarıdan aşağıya uyguladığı hem gıda kaynağı üzerindeki sınırlamaların aşağıdan yukarıya uyguladığı baskıları saptadılar. Yirmi yıl sonra, Amerikalı çevrebilimci Robert Paine trofik çağlayan etkisini yazdı – bir sistemin, sistem içinde kilit bir türün yok olmasıyla değişme şekli. Denizyıldızları bir gelgit kuşağından deney için uzaklaştırıldıktan sonra, besin ağında meydana gelen değişiklikleri açıkladı. Bu yırtıcı denizyıldızının kilittaşı bir tür olduğu, kendi ekosistemindeki can alıcı bir rol oynadığı gösterildi.

Ada yalıtımı

Bugün pek çok karasal çevrede habitat parçalanması, uzman organizmaları yalıtık bıraktığı için büyük bir sorundur. Bu nedenle adaların –okyanusla çevrili olanların yanı sıra çok farklı bir çevre

1967
Robert MacArthur, *The Theory of Island Biogeography*'de **yalıtık toplulukların biyolojik çeşitliliğini** inceler.

1972
John Maynard Smith, *Evrim Kuramı*'nda **Evrimsel Açıdan Kararlı Stratejiyi** (EAKS) tanımlar.

1973
Crawford Stanley Holling ekolojik sistemlerin değişime nasıl dayandıklarını göstermek için **ekolojik esneklik** terimini kullanır.

1976
Hal Caswell "**nötr**" bir biyolojik çeşitlilik teorisi önerir; rakiplerin çoğu kez eşit olduğunu ve neyin gelişip gelişmeyeceğinde **şansın belirleyici rol oynadığını** öne sürer.

1980
Robert Paine, yaptığı saha deneyleri **kilittaşı bir türün** ortadan kalkmasının bir ekosistem üzerindeki etkilerini gösterdikten sonra "**trofik çağlayan**" terimini türetir.

2000
Paris'te **Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem İşlevi konferansında** bilim insanları türlerin yok olmasının ekosistemleri nasıl etkilediğini inceler.

2015
Çayır bitkilerine ilişkin bir inceleme, **biyolojik çeşitliliğin** bir ekosistemin iklim olayları sırasında **direncini**, sonrasında **esnekliğini** artırdığını gösterir.

tarafından etrafı sarılı ayrı habitat "adaları"nın da– biyocoğrafyasına ilişkin araştırmalar ekolojide çok önemlidir. 1960'larda ABD'de Edward O. Wilson ve Robert MacArthur, adalarda tür çeşitliliğini, göçü ve soy tükenmesini belirleyen kilit faktörleri keşfetti. Daha sonra James Brown, California'da orman sırtlarının yalıtık kısımlarındaki hayvan popülasyonları üzerine benzer çalışmalar yaptı. Bu tür çalışmalar, yalıtım nedeniyle soyu tükenme riskiyle en fazla karşı karşıya olan türlerin nasıl saptanacağını gösterdi.

İstikrar ve esneklik

Evrimsel açıdan kararlı durum kavramı, ekosistem dinamiklerini anlamaya önemli bir katkıydı. 1970'lerde İngiliz biyolog John Maynard Smith etrafında yaşayan diğer hayvanlarla rekabet eden bir hayvanın en iyi davranış stratejisini tarif etmek için evrimsel açıdan kararlı strateji (EAKS) terimini kullandı. Bu strateji diğer hayvanların nasıl davrandığına bağlıdır ve hayvanın genetik başarısı tarafından belirlenir – yanlış kararlar verirse uzun süre yaşamaz ve genlerini aktaramaz. Bir ekosistemde tüm hayvanların evrimsel açıdan kararlı stratejileri arasındaki genel dengeye, evrimsel açıdan kararlı durum denir.

Kanadalı çevrebilimci Crawford Stanley Holling esneklik –yangın, su baskını ya da ormansızlaşma gibi aksatıcı değişimlerden sonra ekosistemlerin nasıl varlığını sürdürdüğü– düşüncesini tanıttı. Bir sistemin esnekliği, arızayı sindirme kapasitesinde ya da bir travmadan sonra denge durumuna geri dönme süresinde görülebilir. Çevrebilimciler şimdi ekosistemlerin birden fazla kararlı duruma sahip olabildiğini ve esnek sistemlerin, biyolojik çeşitlilik bakımından her zaman iyi olmadığını biliyorlar.

Birçok türün popülasyonu azalınca ya da yerel olarak yok olunca çevrebilimciler yine ekosistem esnekliğine odaklanıyorlar. Fransız çevrebilimci Michel Loreau birçok kişiyle birlikte, bir ekosistemde çeşitlilik azalırsa bütün sistemin iklim değişikliğinin etkileri gibi büyük darbelere direnmesinin daha az olası olacağına inanıyor. Bugün Loreau ve diğerleri bugünkü çevresel meydan okumaların etkilerini anlamak ve onlarla mücadele etmek için ekosistem biyolojik çeşitliliği ile esnekliği arasındaki ilişkiyi açıklayabilen yeni bir genel teori bulmaya çalışıyorlar. ■



DOĞANIN ESERLERİNİN HER BİR PARÇASI, GERİ KALANIN DAYANAĞI İÇİN ZORUNLUDUR

BESİN ZİNCİRİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Richard Bradley (1688–1732)

ÖNCE
9. yüzyıl Arap bilgin El-Cahiz bitkilerin, sıçanların, yılanların ve kuşların üç-düzeyli bir besin zincirini tarif eder.

1717 Hollandalı bilim insanı Antonie van Leeuwenhoek mezgit balığının karidesi ve morina balığının da mezgiti nasıl yediğini gözlemler.

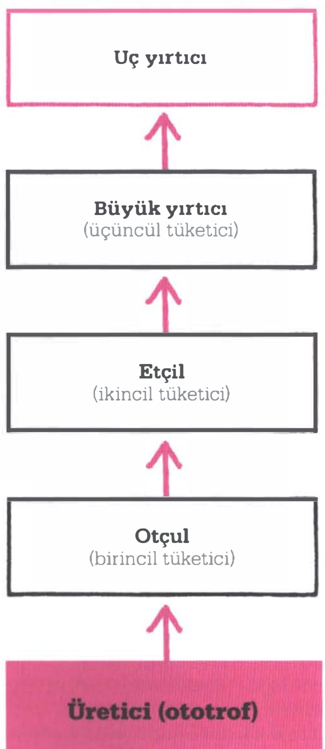
SONRA
1749 İsveçli taksonomist Carl Linnaeus rekabet düşüncesini tanıtır.

1768 Hollandalı doğabilimci John Bruckner besin ağları düşüncesini tanıtır.

1859 Charles Darwin *Türlerin Kökeni*'nde besin ağlarından söz eder.

1927 İngiliz zoolog Charles Elton'ın kitabı *Animal Ecology*, besin zincirleri de dahil, hayvan davranışı ilkelerinin ana hatlarını çizer.

Besin zinciri



Tüm hayvanlar, büyümek ve işlev görmek için ihtiyaç duydukları besinleri almak amacıyla diğer canlıları yemelidir. Bir besin zinciri bir habitatta farklı hayvanların beslenme hiyerarşisini gösterir. Örneğin, besin zinciri, tilkilerin tavşan yediğini ama tavşanların asla tilki yemediğini gösterirdi. Bir besin zincirinde birbiriyle bağlantılı bir hayvanlar hiyerarşisine ilişkin fikirler daha önce de vardı ama İngiliz doğabilimci Richard Bradley, *New Improvements in Planting and Gardening* (1718) kitabında bu düşünceye daha fazla ayrıntı getirdi. Her bitkinin onunla geçinen belirli bir böcek takımına sahip olduğunu fark etti ve böceklerin de onlarla beslenen "daha düşük rütbeli" organizmaların dikkatini çektiğini öne sürdü. Bu şekilde tüm hayvanların kendi kendini kalıcılaştıran bir zincirle birbirine bağlı olduğuna inandı.

Üreticiler ve tüketiciler

Modern besin zinciri kavramı bazı organizmaların kendi besinlerini ürettiklerini açıklar. Bunlar üretici ya da ototrof olarak bilinir. Bitkiler ve pek çok alg bu kategoriye girer; normalde Güneş enerjisini kullanarak suyu ve karbondioksiti glikoza

Ayrıca bkz: Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Mutualizmler 56–59 ▪ Kilittaşı türler 60–65 ▪ Optimal toplayıcılık teorisi 66–67 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Trofik çağlayanlar 140–143 ▪ Ekolojik esneklik 150–151

> Her türün doğada, coğrafi bölgede ve besin zincirinde özel bir yeri vardır.
> **Carl Linnaeus**



Bakır köpekbalığı gibi uç bir yırtıcının doğal yırtıcıları yoktur. Güney Afrika açıklarında ılıman okyanus sularında köpekbalığı, bol miktarda yiyecek sardalya bulabilir.

dönüştürürken aynı zamanda oksijen salar. Fotosentez denilen bu süreç besin üretmenin ilk adımıdır. Güneş ışığının olmadığı yerlerde kendi besinlerini üreten organizmalara kemotrof denir. Bunlar, örneğin derin okyanuslarda, ihtiyaç duydukları enerjiyi hidrotermal bacalardan çıkan kimyasallardan alır.

Üreticileri yiyen hayvanlara ve öteki hayvanları yiyen yaratıklara tüketici ya da heterotrof denir. Besin zincirinin herhangi bir bölümünde bunların iki, üç ya da daha fazla düzeyi olabilir, ama her zaman dipte bir üretici vardır ve onun üstündeki tüm düzeyler tüketicidir. Yalnızca bitki yiyen hayvanlar otçul ya da birincil tüketicidir ve sığırları, tavşanları, kelebekleri ve filleri içerir. Yalnızca diğer hayvanları yiyenler etçildir ya da ikincil tüketicidir; ardıçkuşu, kızböceği ve kirpileri içerir. İkincil tüketicileri de tilkiler, küçük kediler ve alıcı kuşlar gibi daha büyük yırtıcılar ya da üçüncül tüketiciler yiyebilir. Besin zincirinin tepesindeki hayvanlar uç yırtıcılardır. Bunlar diğer hayvanlar tarafından avlanmayan kaplan, katil balina ve altın kartal gibi tüketicileri içerir.

Bitkiler ya da hayvanlar ölünce besin zinciri kopmaz. Çürükçül beslenenler (saprotrof) kalıntıları yağmalayıp bir sonraki üreticiler kuşağının kullanacağı besinleri ve enerjiyi geri dönüştürür.

Besin ağları

Bradley'den sonra gözlemciler hayvanların yalnızca bir besin zincirinin değil, bir yerdeki tüm besin zincirlerini içeren daha büyük ve daha karmaşık "besin ağı"nın parçası olduklarını öne sürdü. Bu düşünceyi 1768'de Hollandalı doğabilimci John Bruckner ortaya attı ve daha sonra türler arasında birbiriyle bağlantılı beslenme ilişkileri çeşitliliğine bir "karmaşık ilişkiler ağı" diyen Charles Darwin tarafından benimsendi. ■

Richard Bradley

1688 civarında doğan ünlü İngiliz botanikçi Richard Bradley 22 yaşında *Treatise of Succulent Plants*'i (*Etli Bitkiler İncelemesi*) yazdıktan sonra hami kazandı. Üniversite eğitimi olmayan Bradley, Royal Society üyesi seçildi ve daha sora Cambridge'de ilk botanik profesörü oldu.

Bradley'nin araştırma konuları çok çeşitliydi, mantar sporu çimlenmesini ve bitki tozlaşmasını da içeriyordu. Bazı durumlarda Bradley kendi zamanının ilerisindeydi; örneğin, enfeksiyonlara yalnızca bir mikroskopla görülebilen minik organizmaların neden olduğunu öne sürdü. Tavşan inlerine ve balık göllerine ilişkin yaptığı araştırmalar yırtıcı-av ilişkileriyle ilgili teorilerine yol açtı. Bradley, 1732'de öldü.

Önemli eserleri

1716–27 ***The History of Succulent Plants***
1718 ***New Improvements in Planting and Gardening***
1721 ***A Philosophical Account of the Works of Nature***

TÜM ORGANİZMALAR DİĞER ORGANİZMALAR İÇİN POTANSİYEL BİR BESİN KAYNAĞIDIR

EKOSİSTEM



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Arthur Tansley
(1871–1955)

ÖNCE
1864 Amerikalı çevre korumacı George Perkins Marsh ekosistemler kavramını ima eden *Man and Nature*'ı (*İnsan ve Doğa*) yayımlar.

1875 Avusturyalı jeolog Eduard Suess "biyosfer" terimini önerir.

SONRA
1953 Amerikalı çevrebilimciler Howard ve Eugene Odum ekosistemlerden enerji akışını incelemek için bir "sistem yaklaşımı" geliştirir.

1956 Amerikalı çevrebilimci Paul Sears besinlerin geri dönüşümünde ekosistemlerin rolünü aydınlatır.

1970 Paul Ehrlich ve Rosa Weigert ekosistemlere potansiyel olarak yıkıcı insan müdahalesi uyarısında bulunur.

İngiliz biyolog Arthur Tansley, belirli bir alandaki organizma topluluklarının o alanın cansız öğelerini de içeren daha geniş bir bağlamda görülmesi gerektiğini ısrarla belirten ilk kişiydi. Tansley'e göre, verili bir bölgede tüm canlı organizmalar ve onların jeofiziksel çevresi birlikte tek bir etkileşimli kendilik oluşturur. Mühendislikten bir kavramı ödünç alan Tansley etkileşimler ağını dinamik, fiziksel bir sistem olarak gördü. Meslektaşı Arthur Clapham'ın önerisi üzerine bunu tarif etmek için "ekosistem" sözcüğünü türetti.

Ayrıca bkz: Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Besin zinciri 132–133 ▪ Ekosistemlerden enerji akışı 138–139 ▪ Biyosfer 204–205 ▪ Gaia hipotezi 214–217 ▪ Çevresel geribesleme döngüleri 224–225 ▪ Ekosistem hizmetleri 328–329



Tropikal mercan resifleri mercanların yanı sıra balıklarla, deniz kaplumbağalarıyla, kabuklularla, yumuşakçalarla ve süngerlerle dolu, en fazla çeşitlilik barındıran ekosistemlerden biridir.

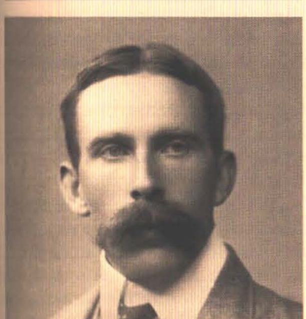
Bu düşünce Arthur Tansley konuyla ilgili etkili bildirisini 1935'te yayımlamadan çok önce gelişmekteydi. 1864'te çevre korumacı George Perkins Marsh, Man and Nature kitabında "ağaçları", "suları" ve "kumları" farklı habitat tipleri olarak tanımlamıştı. Bunların içinde yaşayan bitkiler ve hayvanlar ile arasındaki ilişkinin, insan faaliyetiyle nasıl bozulabildiğini inceledi.

Bağlantılı sistemler

20. yüzyıla gelindiğinde bu ve diğer çevrelerin, içindeki canlı ve cansız öğeler arasında farklı etkileşimlerle birlikte ayrık kendilikler olarak anlaşılabildiği düşüncesi kök salmıştı. 1916'da Amerikalı çevrebilimci Frederic Clements bitki ardıllığı (süksesyon) üzerine eserinde bu düşünceyi geliştirdi; bir bitki örtüsü "topluluğuna" tek bir birim olarak işaret etti ve verili bir bölgede yaşayan organizmaların tüm karmaşıklığını tarif etmek için "biyom" terimini kullandı.

Tansley ekosistemleri, bir bütün olarak sistemlerin işleyişi için çok önemli olan enerji, su, nitrojen ve toprak mineralleri gibi abiyotik (cansız) öğeler ile biyotik (canlı) öğelerden oluşan varlıklar olarak tasavvur etti. Bir ekosistemin içindeki biyotik bileşenler yalnızca birbirleriyle değil, abiyotik bölümlerle de etkileşir. Bu yüzden, verili bir ekosistemin içinde

Arthur G. Tansley



Özgür düşünceli bir Fabian sosyalist ve ateist olan Arthur Tansley 20. yüzyılın en nüfuzlu çevrebilimcilerinden biriydi. 1871'de Londra'da doğdu; daha sonra ders verdiği Londra Üniversitesi Akademisinde biyoloji okudu. 1902'de *New Phythologist* dergisini çıkardı ve daha sonra British Ecological Society'yi (İngiliz Ekoloji Derneği) kurdu ve derneğin dergisi *Journal of Ecology*'nin kurucu editörü oldu. 1923'te Viyana'da Sigmund Freud'dan psikoloji dersi almak için öğretmenliğe ara verdi. Daha sonra Oxford Üniversitesinde Sherardian botanik profesörü oldu. 1937'de emekli oldu ama çevre korumaya özel ilgisini sürdürdü. Tansley, ölümünden beş yıl önce, 1950'de İngiltere Doğayı Koruma Konseyinin ilk başkanı olarak atandı.

Önemli eserleri

1922 *Types of British Vegetation*
1922 *Elements of Plant Ecology*
1923 *Practical Plant Ecology*
1935 "The use and abuse of vegetational terms and concepts", *Ecology*
1939 *The British Islands and Their Vegetation*

organizmalar, çevrenin hem biyolojik hem fiziksel öğelerine uyum sağlar. Farklı ekosistem tipleri fiziksel çevrelerine göre tanımlanabilir. Dört ekosistem kategorisi vardır: karasal, tatlı su, deniz ve atmosfer. Bunlar da farklı fiziksel çevrelerine ve içlerindeki biyolojik çeşitliliğe göre çeşitli tiplere bölünebilir. Örneğin karasal ekosistemler çöller, ormanlar, otlaklar, taygalar ve tundralar olarak ayrılabilir.

Dinamik geribesleme

Tansley'in en önemli katkısı, canlı ve cansız bileşenlerden oluşan bu toplulukların dinamik sistemler oluşturduklarını görmesiydi. Örneğin karasal bir ekosistemde organizmalar etkileşip maddeyi geri dönüştürür: Bitkiler büyümek için atmosferden karbondioksit (CO_2) ve topraktan besin emer. Bu bitkiler solunum yoluyla atmosfere yaşamı sürdüren oksijeni salar ve hayvanlara besin sağlar. Hayvan dışkısı ve ölü madde karbon salar; ayrıca bitkiler için besin olmak üzere, bakteriler ve mantarlar tarafından ayrıştırılan malzemeyi sağlar.

Arthur Tansley, bir ekosistemdeki bu iç süreçlerin "evrensel büyük denge yasası" olarak tarif ettiği şeye uygun olduğunu da öne sürdü. Kendi kendini düzenleyen bu süreçlerin istikrara doğru doğal bir eğilimi vardır. Bir ekosistemin içindeki döngüler denge durumundan sapmaları düzelten geribesleme döngüleri içerir.

Her ekosistem belirli bir alanda kuruludur, çevresine özgü karakteristik özellikleri vardır ve kendi kendine yeterli ve kendi kendini düzenleyen bir sistem gibi davranır. Yerküredeki ekosistemlerin tümü birlikte, Avusturyalı bilim insanı Eduard Suess'in biyosfer – ekosistemler toplamı– dediği şeyi oluşturur.



İngiltere'de Lake District'de küçük bir buzul gölü ya da dağ gölü. Her dağ gölünün, sudaki besin zenginliği derecesi de dahil, birçok faktöre göre değişen bir ekosistemi vardır.

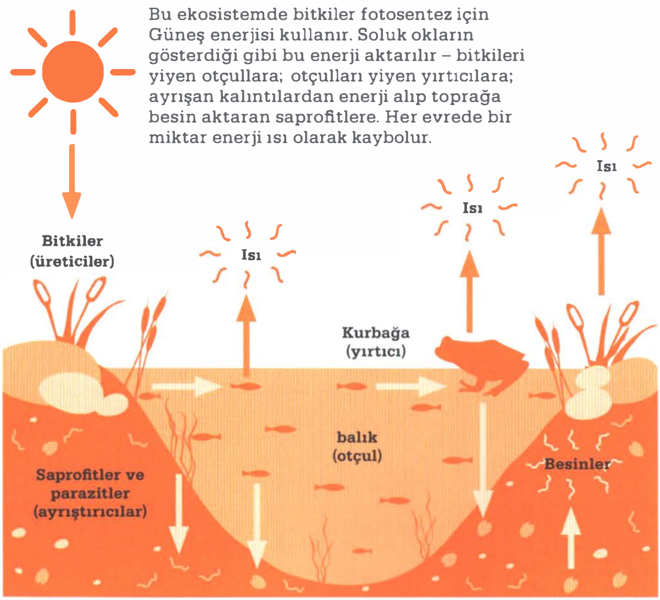
Dış faktörler

Çevrenin iklimi ve jeolojik yapısı gibi çeşitli dış faktörler bir ekosistemi etkileyebilir. Güneş tüm ekosistemleri etkileyen değişmez dış güçtür. Sağladığı enerji, fotosentezi ve atmosferden CO_2'nin yakalanmasını olanaklı kılar, bu enerjinin bir kısmı ekosistem ve besin zinciri aracılığıyla dağıtılır. Süreç içinde bu enerjinin bir kısmı da ısı olarak yayılır.

Bununla birlikte bazı dış faktörler beklenmedik bir biçimde yükselip ekosistemler üzerinde baskı yaratabilir. Tüm ekosistemler zaman zaman dış müdahalelere maruz kalır ve o zaman bir düzelme sürecinden geçmelidirler. Bu müdahaleler arasında fırtınalar, depremler, su baskınları, kuraklıklar ve diğer doğal fenomenler vardır ama insan

Dinamik enerji transferi

Bu ekosistemde bitkiler fotosentez için Güneş enerjisi kullanır. Soluk okların gösterdiği gibi bu enerji aktarılır – bitkileri yiyen otçullara; otçulları yiyen yırtıcılara; ayrışan kalıntılardan enerji alıp toprağa besin aktaran saprofitlere. Her evrede bir miktar enerji ısı olarak kaybolur.



> İşleyen... ekosistemlerde atık yoktur. Ölü ya da diri tüm organizmalar diğer organizmalar için potansiyel besin kaynağıdır.
>
> **G. Tyler Miller**
> ***Bilim yazarı***

faaliyeti sonucu olan müdahaleler giderek artmaktadır – ormansızlaşma, kentleşme ve kirlenmeyle doğal habitatların imhası ve antropojenik (insan kaynaklı) iklim değişikliğinin kümülatif etkileri. İnsanlar istilacı türlerin girişinden de sorumlu olabilir. Bu dışsal faktörler olmasa bir ekosistem denge durumunu sürdürür ve istikrarlı bir kimliği korur.

Direnç ve esneklik

Çoğunlukla ekosistemler bazı doğal dış müdahalelere dayanacak ve dengelerini koruyacak kadar güçlüdür. Bazıları müdahalelere diğerlerinden daha fazla dirençlidir ve normalde çevreleriyle ilişkili belirli müdahalelere uyum sağlamıştır. Örneğin, bazı orman ekosistemlerinde şimşekli fırtınaların neden olduğu dönemsel yangınlar ekosistemde yalnızca küçük bir dengesizliğe neden olur.

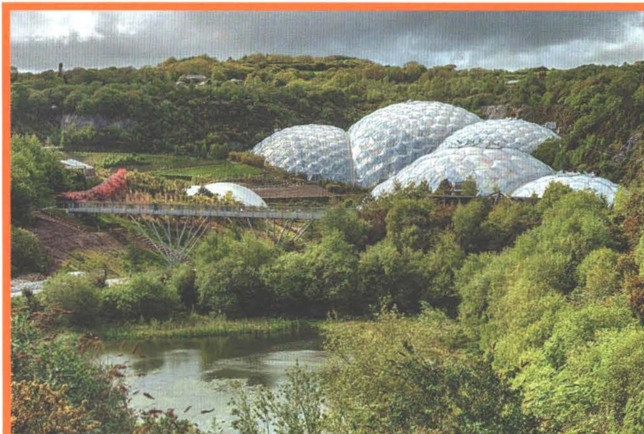
Bazı ekosistemlerin, dış müdahaleler tarafından ağır bir biçimde aksatıldıklarında bile düzelmelerini olanaklı kılan bir esneklikleri vardır. Ama bazı ekosistemler daha kırılgandır ve bozulduklarında dengelerini tekrar kazanamayabilirler.

Bir ekosistemin direnç ve esnekliğinin genellikle biyolojik çeşitliliğiyle ilişkili olduğu düşünülür. Örneğin, sistemde belirli bir işlevi yerine getiren yalnızca bir bitki türü varsa ve bu tür, donmaya dirençli değilse anormal ölçüde ağır bir kış, o türü, bir bütün olarak sistemi önemli ölçüde etkileyecek kadar azaltabilir. Sistemde o rolü oynayan birden çok tür varsa birinin karışıklığa dirençli olması daha fazla olasıdır.

İnsan faktörü

Bazı müdahaleler bir ekosistem için felaket olacak kadar ağır olabilir, düzelemeyecek kadar çok zarar verebilir ve dolayısıyla kimliğinde kalıcı bir değişikliğe, hatta onun ölmesine neden olabilir. İnsan faaliyetinin neden olduğu müdahalelerin çoğunun, özellikle habitatın toptan yıkımını ve dolayısıyla biyolojik çeşitliliğin azalmasını gerektirdiğinde, böyle bir kalıcı hasara neden olma potansiyeli taşımasından korkuluyor. Ayrıca bazıları insan etkisinin "tekno-ekosistemler" denilen yeni bir ekolojik sistemler kategorisi yarattığını öne sürmektedir. Örneğin "soğutma havuzları", nükleer santralleri soğutmak için inşa edilen insan yapımı havuzlardır ama sucul organizmalar için ekosistem haline geldiler.

İnsanlar ile doğal ekosistemler arasındaki ilişki tamamen negatif değildir. Son yıllarda bilimsel veriler hastalık, hatta iklim yönetiminin yanı sıra yiyecek, su, besin ve temiz hava sağlama da dahil, ekosistemlerin insanoğluna sunduğu faydalara ilişkin kamuoyu farkındalığını besledi. Bütün dünyada birçok hükümet bu faydaları hem sorumlu hem sürdürülebilir bir biçimde kullanmaya daha fazla bağlı kalıyor. ■



İngiltere'de, Cornwall'da Eden Project (Cennet Projesi), dev kubbeli seralarının birinde yağmur ormanı ekosistemini canlandırıyor. Kubbenin panelleri, bol miktarda ışık ve termal enerji emecek şekilde eğiktir



YAŞAM GENİŞ BİR SÜREÇLER AĞIYLA DESTEKLENİR

EKOSİSTEMLERDEN ENERJİ AKIŞI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Raymond Lindeman (1915–42)

ÖNCE
1913 merikalı zoolog Victor Shelford ilk resimli besin ağlarını üretir.

1920 Frederic Clements bitki türü gruplarının nasıl topluluklar halinde birleştiklerini açıklar.

1926 Rus jeokimyacı Vladimir Vernadsky canlı ve cansız şeyler arasında kimyasalların geri dönüştürüldüğünü görür.

1935 Arthur Tansley ekosistem kavramını geliştirir.

SONRA
1957 Amerikalı çevrebilimci Eugene Odum besin zincirlerinin haritasını çıkarmak için radyoaktif elementleri kullanır.

1962 Rachel Carson *Sessiz Bahar* kitabında besin zincirlerinde pestisit birikmesine dikkat çeker.

1941'de Raymond Lindeman adlı Amerikalı bir öğrenci, doktora tezinin son bölümünü, yayımlanmak üzere saygın dergi Ecology'de sundu. "Ekolojinin Trofik-Dinamik Boyutu" başlıklı bölüm, bir tür topluluğunda zaman içinde meydana gelen değişiklikler ile besin zincirleri arasındaki ilişkiyle ilgiliydi.

Lindeman, Minnesota'da Cedar Creek Bog'da yaşlanan bir gölde yaşam formlarını incelemeye beş yıl harcamıştı ve özellikle, yıldan yıla sucul habitat tedricen yerini karaya bıraktıkça göldeki değişikliklerle ilgilendi. Doktora tezi kabul edildi ama *Ecology* dergisi tebliğini çok teorik olduğu için başlangıçta reddetti.

Lindeman gölde birbirleriyle beslenen ve varlıkları bakımından birbirine bağımlı her şeyden, sucul bitkilerden ve mikroskobik alg planktonlardan solucanlara, böceklere, kabuklulara ve balıklara kadar her şeyden örnekler aldı. Organizmalar topluluğunun kendi başına yeterince anlaşılamayacağını, daha geniş çevresi bağlamında incelenmesi gerekti-

Üreticiler (bitkiler ve algler) **Güneş'ten** alınan **enerjiye ve ayrışmış organik maddeden** alınan besinlere bağımlıdır.

→

Birincil tüketiciler yenecek **bitki** ve **alg bolluğuna** bağımlıdır.

↓

İkincil tüketiciler besin kaynakları olarak **birincil tüketicilerin** bolluğuna yaslanır.

←

Yaşam geniş bir süreçler ağıyla desteklenir.

Ayrıca bkz: Ekolojik nişler 50–51 ▪ Yırtıcıların, avları üzerindeki tüketici olmayan etkileri 76–77 ▪ Besin zinciri 132–133 ▪ Ekosistem 134–137



Zombi kurtlar (osedax), balina gibi hayvanların cesetleriyle beslenen derin deniz yaratıklarıdır. Kemikleri parçalamak için "kök" geliştirir ve böylece ölü malzemeden besin öğelerini geri dönüştürürler.

ğini vurguladı. Canlı (biyotik) organizmalar ve cansız (abiyotik) bileşenler (hava, su, toprak mineralleri), besin döngüleriyle ve enerji akışlarıyla birbirine bağlıydı. Bu bütünsel sistem –ekosistem– merkezi ekolojik birimdi.

Üreticiler ve tüketiciler

Lindeman'ın araştırmaları, bir ekosistemin, bir organizmadan diğerine enerji akışıyla nasıl çalıştığını gösterdi. Organizmalar ayrık "trofik düzeyler" (beslenme düzeyleri) şeklinde gruplandırılabilir – Güneş ışığı biçiminde enerji emip besin meydana getiren üreticilerden (bitkiler ve algler) tüketicilere (hayvanlar). "Birincil tüketiciler" bitkileri yiyen otçullardır, "ikincil tüketiciler" otçulları yiyen hayvanlardır. Her trofik düzey hayatta kalmak için bir öncekine bağımlıdır. Aynı zamanda her evrede biriken ölü malzeme bakteriler ve mantarlar gibi ayrıştırıcılarla parçalanır ve besin öğeleri biçimindeki malzemeler bitkileri ve algleri beslemek üzere geri dönüştürülür.

Lindeman her trofik düzeyde enerjinin bir kısmının nasıl atık olarak kaybolduğunu ya da organizmalar solunum yapınca ısıya dönüştüğünü de kanıtladı. Kendi incelemelerinin sonuçlarını diğer çeşitli kaynaklardan alınan verilerle birleştirerek bu sistemin Cedar Creek Bog'da işlediği şekliyle bir resmini çizebildi.

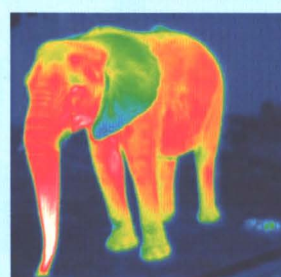
Modern ekolojinin kurucu babalarından biri sayılan İngiliz çevrebilimci G. Evelyn Hutchinson, Yale Üniversitesinde Lindeman'ın hocasıydı. Öğrencisinin çalışmalarının ekolojinin gelecekteki gelişimi bakımından önemini biliyordu ve Lindeman'ın bildirisinin kabul edilmesi için kulis yaptı. Sağlığı her zaman kötü olan Lindeman 27 yaşında, trofik-dinamik bildirisi –şimdi kendi alanında klasik olarak görülen– sonunda yayımlanmadan dört ay önce sirozdan öldü. ▪

> ... biological communities could be expressed as networks or channels through which energy is flowing and being dissipated...
>
> **G. Evelyn Hutchinson**

Verimliliği ölçme

Lindeman'ın trofik-dinamik teorisi daha önce çevrebilimcilerin oldukça muğlak terimlerle tanımladıkları ekosistem verimliliği düşüncesini netleştirmeye yardımcı oldu. Bir bitkinin ya da hayvanın verimliliği organik malzeme ya da biyokütle içinde büyümesiyle ölçülür. Bu, hiçbir zaman organizmanın enerji girdisiyle eşit değildir çünkü bitkilerde Güneş enerjisinin yapraklara dönüştürülmesi ya da hayvanlarda besinin ete dönüştürülmesi hiçbir zaman yüzde 100 verimli değildir. Bir kısım enerji ısı olarak salınır ve bunun çoğu solunumla –tüm canlılarda metabolizmanın özsel bir yanı– kaybolur.

Sıcakkanlı hayvanlar, vücut ısıları çevre ısısından çok yüksek olunca epeyce ısı kaybederler. Tüm hayvanlar idrar yaparken de enerji kaybeder. Ayrıca bir hayvanın besinindeki malzemenin tümü bağırsaklarda sindirilmez ve dışkı olarak atılan malzeme, kullanılmamış kimyasal enerjiyi temsil eder.



Bir filin bu termal görüntüsü, hayvanın ısısının bir kısmının nasıl kaybolduğunu gösterir. Hem vücut ısısı, hem dışkısı etraftan daha sıcaktır.

DÜNYA YEŞİLDİR

TROFİK ÇAĞLAYANLAR



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Nelson Hairston (1917–2008)

ÖNCE
1949 Aldo Leopold kurtları avlamanın dağ bitkisi yaşamı üzerindeki ekolojik etkilerine dikkat çeken *Bir Kum Yöresi Almanağı*'nı yayımlar.

SONRA
1961 Amerikalı deniz çevrebilimcisi Lawrence Slobodkin temel ekoloji ders kitabı *The Growth and Regulation of Animal Populations*'ı yayımlar.

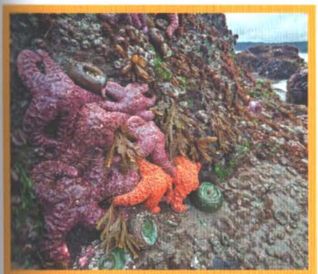
1980 Robert Paine bir gelgit kuşağı ekosisteminden yırtıcılar uzaklaştırılınca "trofik çağlayan etkisi"ni açıklar.

1995 Yellowstone Milli Parkına bozkurtların yeniden salınması bir dizi ekosistem değişikliğini başlatır.

I. Dünya Savaşı bittikten hemen sonra çevrebilimci ve Amerika Birleşik Devletleri'nde önde gelen yaban hayatı yönetimi uzmanlarından Aldo Leopold çiftlik hayvanlarının tehdit ettikleri için kurtların yok edilmesi gerektiği görüşüne itiraz etti. *Bir Kum Yöresi Almanağı*'nda bu üst düzey yırtıcıyı ortadan kaldırmanın ekosistemin geri kalan kısmı üzerinde yaratacağı yıkıcı etkiyi yazdı. Özellikle, diyordu Leopold, geyiklerin dağ yamaçlarında aşırı otlamasına yol açacaktı. Leopold'un görüşü, kendisi terimi kullanmamasına rağmen trofik çağlayanlar düşüncesinin erken bir ifadesiydi.

Yırtıcılar diğer hayvanların popülasyonunu düzenleyerek bir

Ayrıca bkz: Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Besin zinciri 132–133 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Ekosistemlerden enerji akışı 138–139 ▪ Evrimsel açıdan kararlı durum 154–155 ▪ Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi 156–157



Denizyıldızı midye ve deniz salyangozu gibi deniz yaratıklarını avlar. Ünlü bir deneyde Robert Paine besin ağının geri kalanı üzerindeki etkisini görmek için onları kaya havuzlarından çıkardı.

besin ağında bir dengeyi korumaya yardımcı olur. Bir ava saldırınca ve yiyince o avın sayısını ve davranışını etkilerler – çünkü yırtıcılar olunca av oradan uzaklaşır. Bir yırtıcının etkisi bir sonraki beslenme düzeyine (trofik düzeye) uzanıp avın kendi besin kaynağının popülasyonunu etkileyebilir. Aslında yırtıcılar avlarının popülasyon yoğunluğunu ve davranışını kontrol etmekle, avlarının avına dolaylı olarak yararları dokunur ve sayılarını artırırlar.

Beslenme düzeylerinde gerçekleşen doğrudan etkileşimi çevrebilimciler trofik çağlayan olarak niteler. Trofik çağlayanlar tanımı gereği en az üç beslenme düzeyinden geçmelidir. Dört ve beş düzeyde trofik çağlayanlar da biliniyor ama fazla yaygın değildir.

Kontrol faktörleri

1960'ta Amerikalı çevrebilimci Nelson Hairston ve meslektaşları Frederick Smith ve Lawrence Slobodkin farklı trofik düzeylerde hayvanların popülasyonlarını kontrol eden faktörleri inceleyen "Topluluk Yapısı, Popülasyon Kontrolü ve Rekabet" başlıklı bilimsel bir bildiri yayımladı. Vardıkları sonuca göre, üreticilerin, etçillerin ve ayrıştırıcıların popülasyonları kendi kaynaklarınca sınırlanır. Bu üç trofik düzeyin her birinde türler arasında rekabet gerçekleşir. Bu çevrebilimciler otçul popülasyonlarının nadiren bitki kaynağıyla sınırlandığını ama yırtıcılar tarafından sınırlandırıldığını da bulguladılar; bu yüzden ortak kaynaklar için diğer otçullarla rekabet etmeleri olası değildir. Bildiri, ekosistemlerde yukarıdan-aşağıya kuvvetlerin (predasyon) ve aşağıdan yukarıya kuvvetlerin (besin kaynağı) önemine ışık tuttu.

Amerikalı çevrebilimci Robert Paine 1980'de Washington eyaletinde gelgit kuşağından yırtıcı denizyıldızının deney amaçlı uzaklaştırılmasıyla besin zincirinde meydana gelen değişikleri açıklarken "trofik çağlayan" terimini kullanan ilk kişi oldu. Trofik çağlayanlar kavramı genel olarak kabul edilmektedir, ama ne kadar yaygın olduğu konusunda tartışmalar sürüyor.

Yukarıdan aşağıya çağlayanlar

Bu tip çağlayanlar bir besin zinciri bir tepe yırtıcının uzaklaştırılmasıyla kesintiye uğradığında açıkça görülür. Ekosistem, tür bileşiminde meydana gelen değişime rağmen



işlemeye devam edebilir; öte yandan bir türün uzaklaştırılması ekosistem arızasına yol açabilir. ABD'de Güney New England kıyısında tuzlu bataklık habitatının ölümünden trofik bir çağlayanın sorumlu olduğuna inanılıyor. Hobi balıkçılığı yırtıcı balık sayısını o kadar azalttı ki otçul yengeçlerin sayısını dramatik ölçüde artırdı. Bunun sonucunda bataklık bitkisi tüketimindeki artış, ona bağımlı olan diğer türler üzerinde zincirleme bir etki yarattı.

Kuzey Amerika'nın ve Meksika'nın doğu kıyısındaki suların yerlisi olan hepçil çamuryengeci 1990'larda Baltık denizinde yaygınlaşmaya başlayınca olduğu gibi, yerli olmayan türlerin girişi ve yayılması da trofik çağlayanları bozabilir. Birçok kıyının besin ağında kilittaşı tür olan yengeçler bentik (deniz tabanı) topluluklarıyla –çiftkabuklular, karındanbacaklılar ve diğer küçük omurgasızlar– beslenir ve yıkıcı bir verimlilikle, güçlü bir yukarıdan aşağıya çağlayan yaratır. Eşdeğer yırtıcıların bulunmadığı Baltık denizinde çamuryengeci sayısındaki artış, bentik omurgasız türlerin karışımında dramatik bir azalmayla sonuçlandı. Bu da deniz tabanındaki türler yerine fitoplanktonları destekleyen yüzer besinlerde bir artışa yol açtı. Yengeçlerin gelişinin net etkisi besin öğelerini deniz tabanından su sütununa –tortul tabaka ile yüzey arasındaki su– aktarmak ve ekosistemi küçültmek oldu.

Aşağıdan yukarıya çağlayanlar

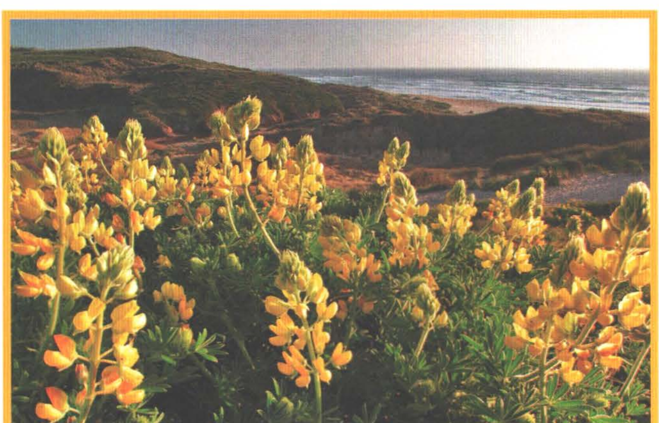
Bir bitki –bir birincil üretici– bir ekosistemden uzaklaştırılırsa aşağıdan yukarıya bir çağlayan oluşabilir. Örneğin bir mantar hastalığı bir otun ölüp yok olmasına neden olursa o ota bağımlı bir tavşan popülasyonu çöker. Sonra tavşan yiyen yırtıcılar açlıktan ölür ya da çekip gitmek zorunda kalır ve bütün ekosistem çökebilir. Öte yandan bitki dikimi ya da koruma çabaları bitki yaşamı karışımını artırırsa daha fazla otçul (bitkilerin üremesine ve yayılmasına yardımcı olan polenleyiciler dahil) daha fazla otçul ve onlarla birlikte daha fazla yırtıcı alana çekilir.

Aşağıdan yukarıya modelde otçulların ve onların yırtıcılarının artan bitki çeşitliliğine tepkileri aynı yönü izler: Daha fazla bitki daha fazla otçulu ve daha fazla yırtıcıyı destekler. Bu durum, daha fazla yırtıcının daha az otçul ava ve daha fazla bitki karışımına yol açtığı yukarıdan aşağıya çağlayanların tersidir.

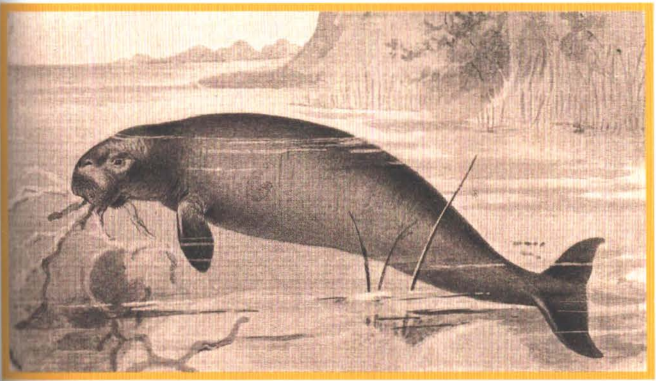
> Bir geyik sürüsü, kurtlarından ölümüne korkarak yaşadığı gibi, bir dağ da geyiklerinden ölümüne korkarak yaşar.
>
> **Aldo Leopold**

Kınkanatlılar, karıncalar ve güveler

Dört tabakalı sistemlerde trofik çağlayanları araştırmak daha zordur çünkü üst beslenme düzeyindeki yırtıcılar alt düzeydeki yırtıcıları ve onların altındaki otçulları yiyebilir, bu yüzden ilişkiler çok karmaşıklaşır. 1999'da Costa Rica'da trofik çağlayanları inceleyen araştırmacılar, üç trofik düzeyli bir omurgasızlar sistemini inceleyerek bu sorundan kurtuldu; bu sistemde tepe yırtıcı –bir Cleridae böcek– bir alt düzeyindeki yırtıcı karıncaları yer ama onun altı düzeyindeki otçulları yemez. Araştırma alanında yırtıcı böceklerin sayısı artınca yırtıcı karıncaların popülasyonu dramatik bir biçimde düştü. Bu durum düzinelerce otçul omurgasız türü üzerindeki baskıyı azalttı; bu yüzden daha fazla bitki



California sarı çalı acıbaklası hızlı büyür ve istilacıdır. Bu bitki, yerli olmayan türleri kendine çeken yüksek nitrojen düzeylerine neden olarak ekosistemi bozabilir.



Steller denizineği, doğabilimci Georg Steller'in 1741'de keşfettiği dev bir denizineğidir. Soyunun tükenmesi tartışma konusudur: Ölümüne avlandı mı yoksa besin kaynağı mı kayboldu?

yediler. Araştırmada bitkilerin yaprak alanı, sonuçta yarı yarıya azaldı.

Trofik çağlayanlarda tüm "oyuncular" aleni ya da görünür değildir. Bazıları miniktir ve yeraltında yaşar. Örneğin, sarı çalı acıbaklası – California kıyılarında yaşayan bitkiler– acıbakla köklerini yiyen hayalet güve tırtıllarınca tüketilir. Nematodlar (ipliksolucanlar) denilen solucan benzeri omurgasızlar da tırtılların parazitidir. Toprakta bu ipliksolucanlar varsa tırtılların popülasyonunu sınırlarlar ve daha az acıbakla kökü etkilenir.

Soy tükenme olayları

Aşırı durumlarda bir trofik çağlayan türlerin tükenmesine yol açabilir – eskiden Bering boğazında yaşayan ve 1768'de soyunun tükendiği ilan edilen Steller denizineklerinde olduğu gibi. Kürk ticareti için susamurlarının avlanarak fiilen soyunun tükenmesiyle başlayan felaket bir trofik çağlayanın, denizineklerinin soyunun tükenmesine neden olduğu yakın zamanda öne sürüldü. Susamurlarının aşırı sömürülmesi olağan avları denizkestaneleri popülasyonunun kritik bir eşiğin üstüne çıkmasına olanak verdi. Denizkestaneleri deniz algi yer; bu yüzden popülasyonlarının artması deniz algi ormanlarının –denizineklerinin besin kaynağı– genişliğinde bir çöküşe yol açtı. Denizinekleri avlanmamasına rağmen kısa sürede soyları tükendi. Bu tür müdahalelerin ve yerli olmayan tür girişinin trofik çağlayanlara nasıl zarar verebildiğini anlamak bugün çevre koruma önlemlerini şekillendirmede yaşamsal önemdedir. ■

> Otçulların genellikle iyi beslenmesi, etçillerinse genellikle aç olmaları beklenir
> **Lawrence Slobodkin**

İlk insanlar ve dev hayvanlar

Son buzul çağının bitimini de kapsayan son 60.000 yılda Kuzey Amerika'da büyük memelilerin yaklaşık 51 cinsinin soyu tükendi. Bunların pek çoğu otçuldu ve aralarında yer tembelhayvanları, mastodonlar ve büyük armadillolar vardı ama birçoğu Amerikan aslanları ve çitaları, kılıç dişli kediler ve küçük suratlı ayılar gibi etçillerdi.

Soy tükenmelerin çoğu, avcı olan Clovis halkının gelmesinden ve yayılmasından kısa süre sonra, 11.000 ila 11.500 yıl önce gerçekleşti. Bu gelişmelerle ilgili en inandırıcı teorilerden biri, insanların trofik bir çağlayanı tetiklediğini öne süren "ikinci-derece predasyon hipotezi"dir. İnsanlar av için kendileriyle rekabet eden büyük etçilleri öldürdü. Sonuç olarak yırtıcı sayısı azaldı ve av popülasyonları orantısız ölçüde yükseldi, aşırı otlamayla sonuçlandı. Bitki örtüsü otçulları artık destekleyemez oldu ve sonuçta birçok otçul aç kaldı.



İspanya'da Altamira'daki mağara resimleri, ilk insanlar için bizonun önemini gösteriyor. Vahşi popülasyonun soyu 1927'de tükendi ama o zamandan beri esir sürüler doğaya yeniden salınmaktadır.

ADALAR EKOLOJİK SİSTEMLERDİR

ADA BİYOCOĞRAFYASI



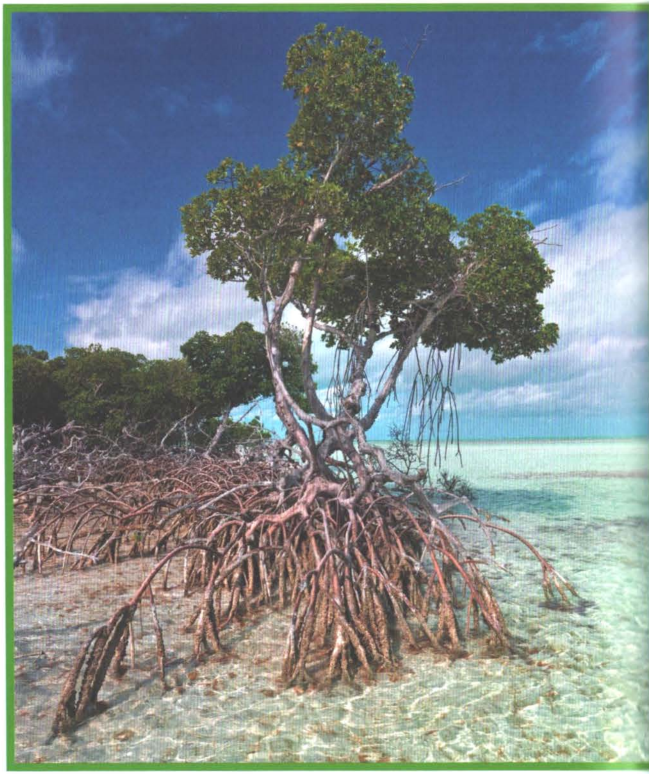
KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Robert H. MacArthur (1930–72),
Edward O. Wilson (1929–)

ÖNCE
1948 Kanadalı pulkanatlılar uzmanı Eugene Munroe, Karayipler'de ada büyüklüğü ile kelebek çeşitliliği arasında bir bağıntı öne sürer.

SONRA
1971–78 ABD'de biyolog James H. Brown, California ve Utah Büyük Havzasında orman "adalarda" memeli ve kuş türü çeşitliliğini inceler.

2006 Kanadalı biyologlar Attila Kalmar ve David Currie 246 okyanus adasında kuş popülasyonlarını inceler ve tür çeşitliliğinin, alan ve yalıtım kadar iklime de bağlı olduğunu keşfeder.



Florida Keys'te mangrovla kaplı adalar –şimdi deniz ve kara yaşamı çeşitliliğinden ötürü koruma altında– ada biyocoğrafyası teorisini test etmek için araştırma odağıydı.

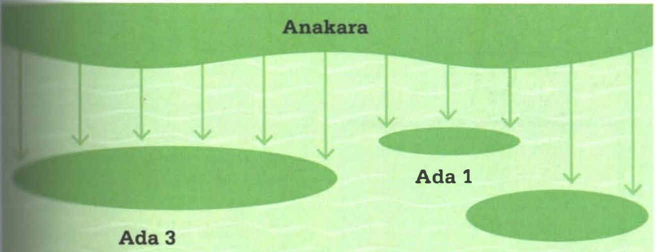
> Yaşamın geri kalan kısmını kutsal bir görev olarak korumazsak içinde geliştiğimiz yuvayı yok ederek kendi soyumuzu tehlikeye atarız.
> **Edward O. Wilson**

Ada biyocoğrafyası yalıtık doğal toplulukların tür zenginliğini etkileyen faktörleri inceler. Charles Darwin, Alfred Russel Wallace ve diğer doğabilimciler 19. yüzyılda ada florası ve faunası hakkında yazılar yazmıştı. Araştırmalarını okyanuslarda fiili adalarda yürüttüler ama aynı yöntemler bireylerin dağılmasını sınırlayan elverişsiz çevrelerle sarılı uygun habitat parçalarına bakmak için de kullanılabilir. Çöldeki vahalar, mağara sistemleri, kentsel çevrelerdeki kent parkları, kuru bir arazinin içinde tatlı su gölleri ya da ormansız vadiler arasında dağlık orman parçaları bunun örnekleridir.

20. yüzyılın ortasında çevrebilimciler farklı adalarda tür dağılımına, neden ve nasıl çeşitlendiğine ilişkin daha yoğun araştırmalara başladı. Amerika Birleşik Devletleri'nde biyologlar Edward Wilson ve Robert MacArthur ada ekosistemlerinde rol oynayan faktörlerin ilk matematiksel modelini

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Saha deneyleri 54–55 ▪ Ekosistem 134–137

Organizmaların adalara rasgele dağılımı



Bir adanın hem büyüklüğü hem de anakaradan uzaklığı tür zenginliğini etkiler. Anakaraya yakın adalar daha fazla rasgele organizma dağılımı alır; büyük ada en fazlasını alır, en uzak ada en azını alır.

inşa etti ve 1967'de yeni bir ada biyocoğrafyası teorisinin ana hatlarını çizdi.

Teorilerine göre her ada, oraya gelen yeni türlerin oranı ile var olan türlerin soyunun tükenme oranı arasındaki bir dengeyi yansıtıyordu. Örneğin, yaşanabilir ama görece boş bir adanın düşük bir soy tükenme oranı olur çünkü soyu tükenecek tür sayısı çok azdır. Daha fazla tür gelince sınırlı kaynaklar için rekabet artar. Belli bir noktada daha küçük popülasyonlar saf dışı bırakılır ve soy tükenme oranı yükselir. Tür göçü oranı ile soyu tükenenlerin oranı eşit olduğunda bir denge noktası oluşur; iki orandan birinde bir değişiklik olana kadar bu denge sabit kalabilir.

Teori, göç oranının anakaradan ya da diğer adadan uzaklığa bağlı olduğunu ve uzaklığın artmasıyla birlikte gerilediğini de öne sürer. Bir adanın alanı da bir faktördür. Ada ne kadar büyük olursa soy tükenme oranı o kadar düşük olur çünkü yerli türler yeni göçmenler tarafından birincil habitattan kovulursa, yetersiz de olsa alternatif bir habitat bulma şansları vardır. Daha büyük adaların yeni göçmenleri barındıracak daha fazla habitat çeşitliliğine ya da mikro-habitatlara sahip olması da olasıdır. Çeşitlilik ile daha düşük soy tükenme oranının birleşmesi, küçük bir adadakinden daha fazla tür karışımı üretir – "tür-alanı etkisi". Karışımdaki fiili türler, kolonileşmenin ve soy tükenmenin bir sonucu olarak zamanla değişir ama görece çeşitliliği devam eder.

Mangrovları izleme

1969'da Wilson ve öğrencisi Daniel Simberloff, ABD'de Florida Keys'te altı küçük mangrov adasında teoriyi test eden bir saha deneyi yürüttü. Orada yaşayan türleri kaydettiler; sonra böcekler, örümcekler ve kabuklular gibi tüm eklembacaklıları uzaklaştırmak için mangrovları tütsülediler. Sonraki iki yılın her birinde, geri dönen türleri sayıp yeniden kolonileşmelerini gözlemlediler. Florida Keys deneyi mesafenin gerçekten önemli bir rol



Robert H. MacArthur

1930'da Kanada, Toronto'da doğan ve ABD'de Vermont'a yerleşen Robert MacArthur başlangıçta matematik okudu. 1957'de kozalaklı ağaç ormanlarında ötleğen türlerinin işgal ettiği ekolojik nişleri araştıran teziyle Yale Üniversitesinden doktora derecesi aldı. MacArthur'un, hipotezleri test etmenin önemine yaptığı vurgu, ekolojinin yalnızca gözleme dayanan bir alandan deneysel modelleri de kullanan bir alana dönüştürülmesine yardımcı oldu. Bu yöntembilim Edward O. Wilson ile birlikte yazdığı *The Theory of Island Biogeography*'ye (*Ada Biyocoğrafyası Teorisi*) yansır. MacArthur meslek yaşamı boyunca ödüller aldı ve 1969'da Ulusal Bilimler Akademisine seçildi. 1972'de böbrek kanserinden öldü. Amerika Ekoloji Derneği (ESA; Ecological Society of America), iki yılda bir onun adına ödül veriyor.

Önemli eserleri

1967 *The Theory of Island Biogeography*
1971 *Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species*



oynadığını gösterdi: Ada anakaradan ne kadar uzaksa o kadar az omurgasız alana geri dönüp tekrar kolonileşti.

Bununla birlikte, yeni göç dalgaları uzak ada türlerini bile yok olmaktan kurtarabilir. Bunun belli kuş türlerinde –uzun mesafelere hızla gidebilen– gerçekleşmesi, örneğin küçük memelilere göre daha fazla olasıdır. Hedef etkisi de vardır; bazı adalar sağladıkları habitattan ötürü daha gözde hedeftir. Ağaçlarda yuva yapan bir kuş ağaçlıklı bir ada ve ağaç olmayan bir ada tercihiyle karşı karşıya kalsa, doğal olarak ağaçları tercih eder.

İnsan etkisi

Yalıtılmışlık derecesi, ne kadar uzun süredir yalıtık olduğu, büyüklüğü, habitatının sürdürülebilirliği, okyanus akıntılarına göre konumu ve tesadüfen gelenler (örneğin yüzen bitki örtüsü matları üzerinde kıyıya vuran organizmalar) bir okyanus adasında tür karışımını etkileyen ana faktörlerdir. Bu faktörlerin büyük çoğunluğu yalnızca fiili adalar için değil, benzer yalıtık habitatlar için de geçerlidir.

İnsanların –Pasifik'teki yalıtık adaları olasılıkla 3.000 yıl önce ziyaret etmeye başlayan– etkisi bazen dramatik olmuştur. Son yüzyıllarda insanlar Pasifik'te ve başka yerlerde adaları sömürgeleştirdiklerinde kendileriyle birlikte köpek, kedi, keçi ve domuz da götürdüler; farkında olmadan gemilerinde sıçan da taşıdılar. Birçok adada sıçanlar üreyen deniz kuşlarının yumurtalarını ve bazıları başka yerde yetişmeyen endemik bitkilerin tohumlarını yedi. Galapagos adalarında köpekler kaplumbağa yumurtalarını, yerli iguanaları, hatta penguenleri yedi. Keçiler yiyecek için Galapagos kaplumbağalarıyla rekabete girdi ve Santiago adalarında beş bitki türünü ortadan kaldırdı.

Bununla birlikte, insanların gelişi adalardaki tür zenginliğini her zaman azaltmadı. Araştırmacılar Karayipler'de adaların gemi yardımıyla kolonileştirmenin oynadığı önemli rolü keşfetti. Örneğin Trinidad'da, görece küçük olmasına rağmen, daha büyük Küba adasında olduğundan daha fazla anole kertenkele türü vardır çünkü 1960'lardan beri ekonomik yaptırımlar Küba'da daha az geminin (ve daha az kaçak kertenkele yolcusunun) limana yanaşması demekti.

"Ada" habitatlar

1970'lerin başında Amerikalı biyolog James H. Brown, California ve Utah Büyük Havzasında 19 dağ sırtındaki kozalaklı ağaç ormanı "adasına" Wilson-MacArthur modelini uyguladı. Sırtlar geniş bir çalı çölüyle birbirinden ayrılır. Brown yalıtık ormanlardaki küçük memeli (yarasalar hariç) dağılımının ve çeşitliliğinin, kolonileştirme ile soy tükenme arasında bir denge durumuyla açıklanamadığını keşfetti. Bazı türlerin soyu tükenmişti ama milyonlarca yıldır yeni bir tür de gelmemişti; bu yüzden Brown memelilere "kalıntı" dedi. Birkaç yıl sonra, yerleşik kuş popülasyonlarına ilişkin analizi doğuda Rocky dağlarında ve batıda Sierra Nevada'da daha büyük benzer ormanlardan yeni kuş türlerinin geldiğini ortaya çıkardı. Brown belli tür gruplarının –özellikle uçanlar– diğerlerinden daha başarılı göçmen olmasının daha fazla olası olduğu sonucuna vardı.

Çevrebilimciler Ohio, Cincinnati'de farklı büyüklükteki dokuz parkta böcek ve sinek çeşit-

> Ekonomik kazanç için yağmur ormanlarını yok etmek, bir yemeği pişirmek için bir Rönesans tablosunu yakmaya benzer.
>
> **Edward O. Wilson**



New York City'de, Manhattan'daki Central Park kentsel bir ortamda bir "ada"dır. İçinde 134 kuş türü, 197 böcek, 9 memeli, 5 sürüngen, 59 mantar ve 441 bitki türü vardır.

lliğini de araştırdı. Alan, tür zenginliğinin en iyi öngöstergesiydi ama çevrebilimciler kendi bulgularını popülasyon büyüklüğü verileriyle eşleştirince artmış bir park alanı büyüklüğünün yeni türlere habitat sağlamaktan çok, öncelikle soy tükenme oranlarını azaltma işlevi gördüğünü hesapladılar.

Koruma pratikleri

Ada biyocoğrafyası teorisi geliştirildikten hemen sonra çevrebilimciler bunu çevre korumaya uygulamaya başladı. Doğa koruma alanları ve milli parklar insan faaliyetiyle değişen manzaralarda "adalar" olarak görüldü. İlk korumalı alanlar yaratıldığında çevrebilimciler optimum büyüklüğü tartıştı: Büyük bir koruma alanı, daha küçük birkaç koruma alanından daha mı iyiydi? Ada teorisinin gösterdiği gibi, biyolojik çeşitlilik birçok faktöre bağlıdır ve farklı türler farklı ortamlardan yararlanır. Büyükçe bir memeli küçük bir koruma alanında yaşamak ama birçok küçük organizma orada gelişir. İnsan faaliyetinin baskısı altında olan yerlerde ada teorisi, yaban hayat koridorlarının yaratılmasını da teşvik etti. Bu koridorlar, geniş koruma alanlarına ihtiyaç duymadan ekolojik süreçleri korumaya yardımcı olan –örneğin hayvan hareketine izin veren ve yaşayabilir popülasyonların varlığını sürdürmesini olanaklı kılan– uygun habitat alanlarını birbirine bağlar. ■

> Biyolojik çeşitliliğin her kırıntısının paha biçilmez olduğunu savunacağım.
> **Edward O. Wilson**

Krakatau'nun yeniden doğuşu

1883'te yanardağ patlamaları Endonezya'nın Krakatau adasını harabeye çevirdi; yakındaki Sertung ve Panjang ile birlikte adadaki flora ve faunayı yok etti. 1886'da yosunlar, algler, çiçekli bitkiler ve eğreltiotları Krakatau'ya geri dönmüştü; ya rüzgârla taşındılar ya da tohumlar sörf yapıp geldi. İlk ağaç fidanı 1887'de çıktı; 1889'da çeşitli böcek türleri ve tek bir kertenkele keşfedildi. Son araştırmalar, orman oluşumu döneminde, 1908'den 1921'e kadar Krakatau'ya ve komşularına göç düzeyinin doruğa çıktığını ama 1921-33 yılları arasında soy tükenmenin, yoğun ağaç örtüsünün Güneş ışığının orman tabanına ulaşmasını engelleyince yükseldiğini gösteriyor. Kara kuşlarının ve sürüngenlerin göçü neredeyse durmuş olmasına rağmen 45 km'den biraz az mesafede bulunan Sumatra ve Java'dan yeni kara yumuşakçası türleri ve birçok böcek grubu hâlâ gelmeye devam ediyor.



Krakatau'nun ölümcül püskürmesi 80 km yukarıya, küresel hava durumu örüntülerini değiştiren ve beş yıl boyunca sıcaklığın 1,2°C düşmesine neden olan bir kül bulutu gönderdi



ÖNEMLİ OLAN, SAYILARIN DEĞİŞMEZLİĞİDİR

EKOLOJİK ESNEKLİK

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Crawford Stanley Holling (1930–)

ÖNCE
1859 Charles Darwin türler arasındaki bağımlılığı "dolaşık bayır" olarak niteler.

1955 ABD'de Robert MacArthur türler arasındaki etkileşimlerin sayısı çoğaldıkça artan bir ekosistem istikrarı ölçüsü önerir.

1972 MacArthur'un aksine Avustralyalı çevrebilimci Robert May daha karmaşık ilişkileri olan daha çeşitli toplulukların, türler arasında istikrarlı bir dengeyi sürdürmeye daha az yetenekli olabileceğini savunur.

SONRA
2003 Avustralyalı çevrebilimci Brian Walker, Crawford Holling'le birlikte çalışıp esneklik tanımını arıtır.

Ekosistemlerin bir müdahaleden –büyük bir yangın, su baskını, kasırga, ağır kirlenme, ormansızlaşma ya da "egzotik" yeni bir türün girişi gibi– sonra toparlanma kapasitesi ekolojik esneklik olarak bilinir. Bu etkilerden herhangi biri besin ağlarını çoğu kez dramatik bir biçimde bozabilir ve çoğundan insan faaliyeti sorumludur.

Esnek kalma

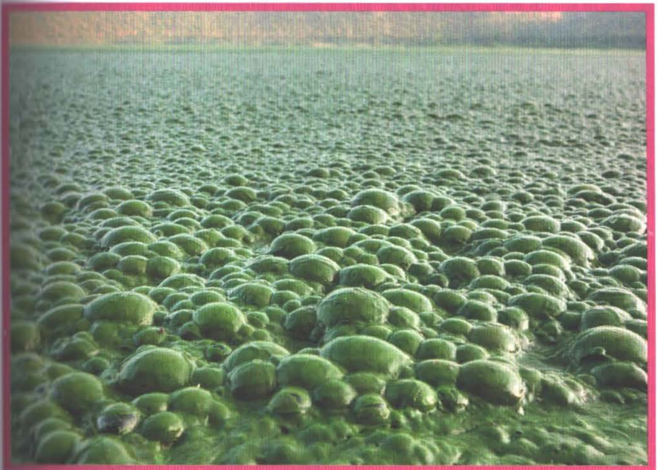
Kanadalı çevrebilimci Crawford Stanley Holling doğal sistemlerin aksatıcı değişiklikler karşısında dayanıklılığını tarif etmek için ekolojik esneklik düşüncesini öne sürdü. Holling'e göre doğal sistemler, istikrarı ve esnekliği gerektirir ama –daha önceki çevrebilimcilerin varsaydığının aksine– bunlar her zaman aynı nitelikler değildir.

İstikrarlı bir sistem statükoyu sürdürmek için değişime direnir ama esneklik yeniliği ve adaptasyonu gerektirir. Holling doğal, rahatsız edilmemiş sistemlerin bazı türlerin popülasyonunun arttığı, bazılarının azaldığı sürekli bir geçiş durumunda olmasının olası olduğunu yazdı. Ama bu popülasyon değişiklikleri bütün sistemin kökten değişip değişmemesi kadar önemli değildir. Bir sistemin esnekliği ya büyük bir şoktan sonra denge durumuna dönmek için geçen süreyle ya da müdahaleyi emme kapasitesiyle açıklanabilir.

Holling'in incelediği bir örnek, Kuzey Amerika'da Great Lakes (Büyük Göller) bölgesinin balıkçılığıydı. 20. yüzyılın ilk onyıllarında tonlarca mersinbalığı, ringa balığı ve başka balık avlandı ama aşırı avlanma, yakalanan balık miktarını dramatik ölçüde azalttı. Daha sonraki denetimlere rağmen Great Lakes'teki popülasyonlar toparlanmadı. Holling

> Ekosistemler dinamiktir – durmadan değişir ve asli olarak belirsizdir, çoklu potansiyel geleceği vardır...
> **Crawford Stanley Holling**

Ayrıca bkz: Besin zinciri 132–133 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Ekosistemlerden enerji akışı 138–139 ▪ Trofik çağlayanlar 140–143



Koyu yeşil bir alg köpüğü, Hindistan, Maharaştra'daki Lonar Gölünün bazı bölümlerini kaplıyor. Algler besin zengini koşullarda gelişir ama ayrışan algler oksijen tüketir ve azalan oksijen düzeyleri daha az balığın varlığını sürdürmesine yol açar.

yoğun balıkçılığın ekosistemin esnekliğini azalttığını öne sürdü.

Holling ekolojik esnekliğin her zaman olumlu olmadığını savundu. Örneğin, bir tatlı su gölü tarımsal gübrelerden büyük bir besin öğesi girdisi yaşarsa ötrofik olur: Algler gelişir, gölün oksijenini tüketir ve balıklara uygunsuz hale getirir. Böyle bir göl esnek olabilir ama biyolojik çeşitliliği daha az olur. Holling can alıcı üç faktörün, esnekliği belirlediğini iddia etti: bir sistem, toptan toparlanmayı olanaksız kılan bir eşiği geçmeden en fazla ne kadar değişebildiği; sistemde büyük bir değişiklik yapmanın kolaylığı ya da zorluğu; sistemin o anda eşiğe ne kadar yakın olduğu.

Değişen durumlar

Holling'in görüşüne göre ekosistem düzeyinde esneklik, popülasyonlarının çok katı olmamasıyla güçlenir – yani ekosistemin bileşenleri değişebilir. Doğu Kuzey Amerika'da pek çok Amerikan kestanesinin ormanlardan yok olması ve büyük ölçüde meşe ve ceviz ağaçlarıyla telafi edilmesi bunun bir örneğidir. Holling'e göre bu, esneklik sayılırdı çünkü ağaç türlerinin karışımı değişmiş olmasına rağmen geniş yapraklı orman hâlâ duruyordu.

Çevrebilimciler ekosistemlerin birden fazla istikrarlı duruma sahip olabildiğini artık biliyorlar. Örneğin, Avustralya'da mulga ağaçlarının egemen olduğu ağaçlıklar, koyun yetiştiriciliğini destekleyen otu bol bir çevrede ya da koyunlara hiç uygun olmayan çalı-egemen bir çevrede var olabilir. ▪

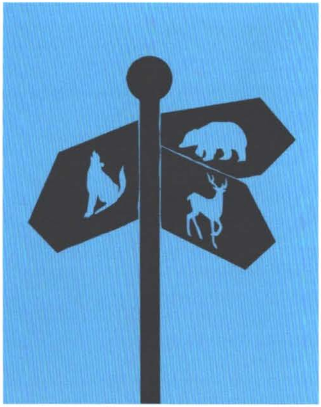
Kurdun rolü

Alaçam kurdu tırtılları 18. yüzyıldan bu yana altı kez Kuzey Amerika'nın doğusundaki balsam köknarı ormanlarını mahvetti. Holling bu sürecin çok farklı iki durumu olduğunu açıkladı: Genç, hızlı büyüyen ağaçların ve az sayıda kurdun bulunduğu durum ve yetişkin ağaçların ve çok fazla sayıda kurdun bulunduğu durum.

Kurt patlamaları arasında genç balsam köknarı, alaçam ve beyaz huş ağaçlarıyla birlikte büyür. Sonunda köknar baskın olur. Bu baskınlıkla bir dizi çok kuru yılın birleşmesi kurt popülasyonunda büyük bir artışı teşvik eder. Yetişkin köknar yok olur, alaçama ve huş ağaçlarına yenilenme fırsatı verir. Kurtlar balsam köknarını kontrol altında tutmakla alaçam ve huş ağaçlarını da korur. O olmasa köknar ağaçları kalabalıklaşıp diğerlerine yer bırakmaz. Bu yüzden sistem istikrarsızdır ama aynı zamanda esnektir.



Kanada'da, Quebec'te alaçam kurdu larvası, pupa evresine geçmeden önce köknar ve alaçamla beslenir. Güveler yaklaşık bir ay sonra çiftleşmeye hazır ortaya çıkar.



POPÜLASYONLAR ÖNGÖRÜLEMEZ KUVVETLERE MARUZ KALIR

NÖTR BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK TEORİSİ

IN CONTEXT

ÖNEMLİ KİŞİLER
Hal Caswell (1949–),
Stephen P. Hubbell (1942–)

ÖNCE
1920 Frederic Clements bitki türlerinin topluluklarda diğer her biriyle nasıl ilişkili olduğunu açıklar.

1926 Henry Gleason ekolojik toplulukların daha fazla rasgele örgütlendiklerini öne sürer.

1967 Richard Root ekolojik lonca – kaynakları benzer biçimde kullanan bir grup tür – kavramını tanıtır.

SONRA
2018 Hollandalı çevrebilimci Marten Scheffer'in öncülük ettiği bir incelemeye göre, aynı kaynakları kullanan türler rekabet bakımından eşdeğer olabilirler ama kuraklık ya da hastalık gibi stres yaratan faktörlere verdikleri tepkiye göre farklı da olabilirler.

Biyolojik çeşitlilik, küresel olarak ortaya çıkan yeni türlere ve soyu tükenen türlere göre şekillenir. Topluluk ekolojisi geleneksel olarak türler arasındaki etkileşimlerin bu sürecin belirlenmesinde yaşamsal bir rol oynadığını savundu. Örneğin, iki tür, benzer kaynaklar için rekabet ederse ya güçlü olan zayıf olanı yok olmaya iter ya da her biri daha dar bir nişe sürülür.

Ne var ki, 1976'da Amerikalı çevrebilimci Hal Caswell "nötr" bir biyolojik çeşitlilik teorisi önerdi. Ona göre, ekolojik olarak benzer türler rekabet bakımından eşittir ve türün yaygın ya da seyrek olması şansa bağlıdır.

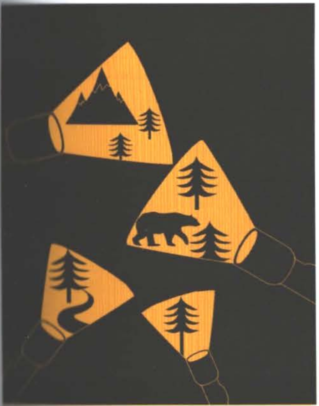
"Boş" model

2000'lerin başında Amerikalı çevrebilimci Stephen P. Hubbell, Caswell'in teorisini destekleyen *The Unified Theory of Biodiversity and Geography*'de (2001; Birleşik Biyolojik Çeşitlilik ve Coğrafya Teorisi) yayımlanan, "boş" hipotez olarak bilinen matematiksel bir model geliştirdi. Modelini, gerçek toplulukları inceleyerek test etti.

> Caswell, nötr bir topluluk örgütlenmesi teorisi yaratmak için cesur bir girişimde bulundu
> **Stephen P. Hubbell**

Nötr biyolojik çeşitlilik teorileri, son yıllarda topluluk ekolojisine egemen oldu. Bununla birlikte, mercan resiflerine ilişkin Avustralya'da yapılan, 2014'te yayımlanan ve eskiden baskın olan ama aşırı avlanmadan ötürü neredeyse yok olan türlere odaklanan bir araştırma, teoriyi desteklemedi. Hubbell'a göre türler yer değiştirebilir; bu yüzden bazıları fazlalaşıp diğerlerinin yerini almış olmalı. Bu örnekte bunun gerçekleşmemiş olması nötr teorinin kusurlu olduğunu gösterir. Çeşitliliği neyin sürdürdüğü sorusu açık bir soru olarak duruyor. ■

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ■ Ada biyocoğrafyası 144–149 ■ Klimaks topluluk 172–173 ■ Açık topluluk teorisi 174–175



YALNIZCA BİR ARAŞTIRMACILAR TOPLULUĞUNUN KARMAŞIK BÜTÜNÜ AÇIĞA ÇIKARMA ŞANSI VARDIR

BÜYÜK EKOLOJİ

KISACA

ANAHTAR ÖRGÜT
Ulusal Bilim Vakfı (1950–)

ÖNCE
1926 Rus jeokimyacı ve mineralog Vladimir Vernadsky Dünya'daki her şeyin içinde yaşadığı biyosfer teorisini formüle eder.

1935 Öncü İngiliz çevrebilimci Arthur Tansley bir ekosistemi, bir grup canlı yaratık ile çevresi arasındaki tüm etkileşimleri kapsayan sistem olarak tanımlar.

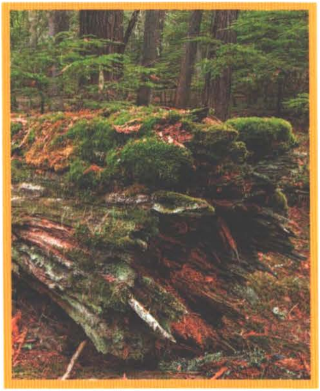
SONRA
1992 Rio de Janeiro'daki Dünya Zirvesinde biyosferi korumanın önemi konusunda uluslararası bir konsensüs vardır.

1997 Sera gazı salınımlarını azaltmak için Kyoto Protokolü 192 ülke tarafından imzalanır.

Ekosistemleri derinliğine anlamak uzun süreli çalışmayı gerektirir. 1980'de ABD Ulusal Bilim Vakfı uzun süreli, büyük ölçekli ekolojik fenomenleri incelemek için altı tane Uzun Süreli Ekolojik Araştırma alanı kurdu. Şu anda 28 alan var; bunların beşi 1980'den beri devam ediyor. Çevrebilimciler derin bilginin paylaşılmasını olanaklı kılacak veri kümelerini biriktiriyor.

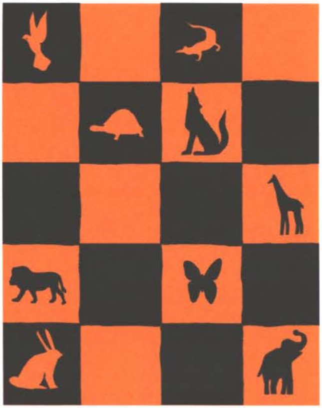
Bir orman ekosistemi

İlk altı araştırma alanından biri Oregon'da Andrews ormanıydı. Burası iyi bir ılıman yağmur ormanı örneğidir; yumuşak, nemli kışları ve serin, kuru yazları vardır. Yüzde 40'ı yaşlı kozalaklı ağaç ormanı olan alanda, orman, akarsu ve çayır ekosistemlerinde yüksek derecede biyolojik çeşitlilik vardır. Çevrebilimciler binlerce böcek türü, 83 kuş türü, 19 kozalaklı ağaç türü ve 9 balık türü kaydetti. Projeler toprak kullanımının (ormancılık gibi) ve doğal fenomenlerin (yangınlar, sel baskınları, iklim) hidrolojiyi, biyolojik çeşitliliği ve karbon dinamiğini –karbonun ve besin öğelerinin ekosistemde hareket etme şekli– nasıl etkilediğini gözlemlemeyi amaçlamaktadır. Dünyada bunların dışında birçok uzun süreli araştırma alanı vardır; araştırmacılar ekosistemlerle ilgili verileri kaydediyor. Bilgiye serbest erişimle birlikte araştırma dünya çapında kolayca yayılabilir. ■



Oregon'da Andrews ormanında altı yaşlı orman alanında 200 yıllık bir dönemde tomruk ayrışması inceleniyor. Deney 1985'te başladı.

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Biyosfer 204–205 ▪ Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi 322–323 ▪ Ekosistem hizmetleri 328–329



EN İYİ STRATEJİ ÖTEKİLERİN NE YAPTIĞINA BAĞLIDIR

EVRİMSEL AÇIDAN KARARLI DURUM

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
John Maynard Smith
(1920–2004)

ÖNCE
1944 Matematikçi John von Neumann ve ekonomist Oskar Morgenstern, ekonomik ve toplumsal örgütlenmenin matematiksel bir teorisini geliştirmek için bir strateji oyunları teorisi kullanır.

1964 İngiliz biyolog W.D. Hamilton, oyun teorisini hayvanlarda sosyal davranışın evrimine uygular.

1965 Hamilton doğal seçilimin ekolojik sonuçlarını tasvir etmek için oyun teorisini kullanır.

1976 Richard Dawkins, evrimsel açıdan kararlı stratejiler düşüncesini popülerleştirir.

SONRA
1982 John Maynard Smith teoriyi evrime, cinsel biyolojiye ve yaşam döngülerine uygular.



Davranışsal ekoloji alanı, hayvanların davranışının –ne yedikleri, nasıl sosyalleştikleri vb– belirli çevrelerine uyacak şekilde nasıl evrildiğini açıklamaya çalışır. İtici güç doğal seçilimdir çünkü çevre daha sonra yavrulara geçen belirli genlere –bazı genler belli durumlar için "daha iyidir", bazı durumlar için değildir– sahip bireyleri kayırır. Hayvanların davranışı genlerden etkilendiği için, davranış, doğal seçilimden de etkilenmelidir.

Uyarlanabilir davranış

1972'de İngiliz evrimsel biyolog John Maynrd Smith davranış stratejilerinin doğal seçilimle nasıl ortaya çıktığını açıklamaya yardımcı olan ve evrimsel açıdan kararlı strateji (EAKS) olarak bilinen bir teori tanıttı. Besin ve ısı gibi faktörler hayvanları etkileyebildiği gibi diğer türlerin davranışını da etkileyebilir. Maynard Smith, EAKS'nin diğer hayvanların davranışına uyarlandığını ve rekabet stratejileriyle yenilmez olduğunu, dolayısıyla hayvanların genlerini aktarmaları için en iyi şansı verdiğini öne sürdü. Bunu ancak doğal seçilimin bozabildiğini –EAKS'nin "kararlı" olması-

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Bencil gen 38–39 ▪ Yırtıcı-av denklemler 44–49 ▪ Ekolojik nişler 50–51 ▪ Trofik çağlayanlar 140–143 ▪ Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi 156–157



Alan ve bölge konusunda çatışmalardan kaynaklanan davranışlar evrimsel açıdan kararlı stratejiler olarak ortaya çıkabilir. Meyve yarasaları ağaçta en iyi yer için itişip kakışır; alfa erkekler daha zayıf yarasaları aşağı dallara sürer.

nın nedeni budur– ve bu davranış örüntülerinin genetik olarak önceden programlandığını savundu.

EAKS'ın kökeni oyun teorisine dayanır: Bir oyunda en iyi stratejiyi ortaya çıkarmanın matematiksel bir yolu. Hayvanların nasıl davrandığına ilişkin birçok örnek, bölgesel davranış ve hiyerarşi gibi evrimsel açıdan kararlı strateji olarak ortaya çıkar. Örneğin, hayvanların bölgeyi korumasına yardımcı olan, genetik olarak programlı, "yerleşiksen savaş ve savun" ya da "ziyaretçiysen vazgeç ve geri çekil" "kuralları" birleşip bölgesel davranışı bir EAKS yapar.

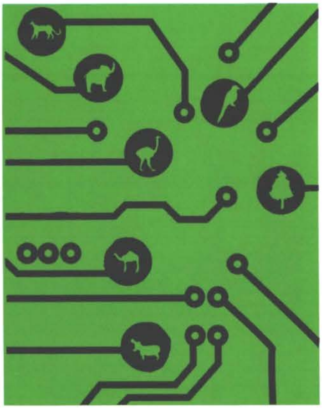
Dengeleme stratejileri

Bireysel bir hayvanın belirli bir davranış sergilemekle kazandığı ödül –ya da ödemeyi göze aldığı bedel– ölçülebilir; bu yüzden biyologlar matematiksel modeller kullanarak (bkz. kutu) hangi stratejilerin en kararlı olmasının olası olduğunu ortaya çıkarabilir. Eğer model gerçek dünyada hayvanların davranışına uymazsa kararlılığın evrilmediğini gösterir.

Hipotetik ekosistemlerden çok, gerçek ekosistemlerde kararlı olan tek bir strateji değil, bir bütün olarak sistem içinde bir ya da iki strateji arasındaki dengedir. Bu nedenle genel dengeye bir strateji değil, evrimsel açıdan kararlı durum demek daha iyidir. Böyle bir denge, tüm bireyler eşit uygunluğa sahip olunca ortaya çıkar: Genlerini aynı ölçüde aktarırlar. Hayvanın çevresinde küçük değişiklikler olduğunda bile durum kararlı kalır. ■

Şahin-güvercin "oyunu"

John Maynard Smith'in evrimsel açıdan kararlı stratejinin (EAKS) en basit kanıtı, şahin-güvercin "oyunu" olarak bilinen farazi bir saldırganlığa tepkiyle ilgilidir. Burada bireyler ya şahin olup ağır yaralanana kadar savaşabilir ya da güvercin olup hava atar ama sonra geri çekilebilir. Şahinler güvercinleri yener ama başka bir şahinle savaşta ciddi bir biçimde zarar görebilir. Güvercinler rutin olarak yaralanmaktan kaçar ama hava atarak boşa zaman harcar. Genleri aktarmak için hangi strateji daha iyi olurdu? Maynard Smith ve çalışma arkadaşları yanıt vermek için matematiksel bir model geliştirdi ve –bu durumda– güvercin olmaktan çok şahin olmak, EAKS olarak ortaya çıktı. Model, her beş güvercine yedi şahin oranını öngörüyor; bu, herhangi bir bireyin zamanın on ikide yedisinde şahin, on ikide beşinde güvercin olmasına eşdeğerdir.



TÜRLER EKOSİSTEMİN İŞLEYİŞİNİ VE İSTİKRARINI KORUR

BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK VE EKOSİSTEM İŞLEYİŞİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Michel Loreau (1954–)

ÖNCE
1949 ABD'de California Teknoloji Enstitüsünde yapay bir ekosistemin nasıl manipüle edilebildiğini incelemek için ilk fitotron (araştırma serası) inşa edilir.

1991 İngiltere'de Impreial College'da bir Ekotron bilgisayar kontrollü birimler halinde bir dizi deneysel ekosistem, inşa edilir. .

SONRA
2014 ABD'de önde gelen çevrebilimciler çeşitlilik kaybının ekosistemler üzerindeki etkisinin, yangının, kuraklığın ya da çevre değişikliği yaratan diğer faktörlerin etkisi kadar –hatta daha– büyük olduğunu söyler.

2015 *Nature* dergisinde yayımlanan bir makale biyolojik çeşitliliğin çok çeşitli iklim olaylarında ekosistemin esnekliğini artırdığına ilişkin kanıtlar sunar.



İnsan faaliyetlerinin farklı habitatlarda karmaşık tür karışımını hızla aşındırdığı bir çağda çevrebilimciler biyolojik çeşitlilik kaybının ekosistemlerin çalışmasını nasıl etkilediğine giderek daha fazla odaklandı. Türler yer değiştirir ya da tamamen kaybolursa bir ekosistem etkilenmeden kalır mı – yoksa bu durum, ekosistem işleyişine zarar mı verir?

2000'de Paris'te toplanan Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem İşleyişi konferansının odağı bu tür sorulardı. Fransa'da, Moulis'de

ABD'de, Carolina'da 1968'de inşa **edilen bir fitotronda şimdi 60 büyüme odası, 4 sera, bitki hastalıklarını ve böcekleri incelemek için bir kontrollü-çevre tesisi bulunmaktadır.**

Biyolojik Çeşitlilik Teorisi ve Modelleme Merkezinin müdürü Michel Loreau da dahil 60'tan fazla önde gelen uluslararası çevrebilimci çeşitli araştırmaların ana hatlarını çizdi; bazıları türlere daha yakından bakarken bazıları bir ekosistemi neyin çalıştırdığına baktı. Loreau,

Ayrıca bkz: Mutualizmler 56–59 ▪ Kilittaşı türler 60–65 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Organizmalar ve çevreleri 166 ▪ İstilacı türler 270–273

> Biodiversity loss… is likely to decrease the ability of ecosystems to resist the effects of climate change.
>
> **Michel Loreau**

ağır çevresel meydan okumalarla mücadele etmek için yeni bir birleşik ekolojik teorinin zorunlu olduğunu savunur. Bu, diyor Loreau, topluluk ekolojisi (bir ekosistemde türlerin nasıl etkileştiğini inceler) ile ekosistem ekolojisinin (organizmaları ve çevrelerini birbirine bağlayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri araştırır) bütünleşmesini gerektirir.

Karmaşık döngüler

Her iki disiplinden bilim insanları, biyolojik çeşitliliğin, özellikle tür ve gen çeşitliliğinin ekosistem işleyişinin önemli bir itici gücü olduğuna kuvvetle inanır. Ekosistemler bir enerji girdisiyle ve besin öğelerinin geri dönüşümüyle çalışır: Bitkiler ve hayvanlar büyür, ölür ve ayrışır, besin öğelerini toprağa geri gönderip döngüyü yeniden başlatır. Bu süreçler ekosistemlerin içindeki türlere bağlıdır ve türler de etkileşim halindeyken birbirlerine bağlıdır – örneğin, yırtıcılar ve av olarak. Birçok çevrebilimci bir ekosistemi çalışır durumda tutmak ve değişime dayanıklı yapmak için büyük bir tamamlayıcı tür çeşitliliğine ihtiyaç olduğunu savunur. Bazıları da ekosistemlerin çökmesini durdurmak için birkaç anahtar türün daha önemli olabileceğini söylüyor.

Çevrebilimciler bu tür konuları araştırırken hem gözleme dayanan geleneksel saha çalışmasını hem gelişmiş matematiksel modelleri kullanma eğilimindedirler. Daha yakın zamandaki araştırmalar, örneğin arazi parçalarında ya da fitotron denilen devasa sera benzeri tesislerdeki kapalı sistemler içinde ekosistemlerin manipülasyonunu daha kontrollü bir biçimde birleştirmeye başladı. Deneyler uzun erimde ekosistemleri etkileyen faktörleri –tür sayıları ya da tür tipi ve egemenliği gibi– saptamaya yardımcı olur. Bulgular biyolojik çeşitliliğin ekosistem işleyişleri üzerindeki etkilerinin karmaşık olduğunu gösteriyor. En fazla çeşitlilik barındıran ekosistemler en üretken olma eğilimindeyken onların başarısı da iklime ve toprak verimliliğine bağlıdır.

Bitki çeşitliliğinin toprak süreçlerini nasıl etkilediği, topraktaki mikrop çeşitliliğinin rolü ve çiçekli bitkiler ve polen taşıyıcı böcekler gibi mutualist türlerin etkisi hakkında öğrenilecek çok şey vardır. Çok şey başarıldı ama sorular yerli yerinde duruyor ve Loreau'nun aradığı birleştirici teori henüz geliştirilmedi. ■

> Ekolojik sistemlerin farklı ve büyüleyici özelliklerinden biri, olağanüstü karmaşık olmalarıdır.
>
> **Michel Loreau**



Habitat parçalanması

Orta Amerika'da bulunan Panama kanalındaki Barro Colorado adası, 1914'te baraj yapımıyla tropikal yağmur ormanını su basıp suyla çevrili yalıtık bir orman parçası yaratınca oluştu. 1946'dan beri Smithsonian Institution'dan ve başka yerlerden biyologlar bu habitat parçalanmasının etkilerini belirlemek için alanı ayrıntılı bir biçimde incelemektedir: Adadaki tür çeşitliliği gerilemiştir ve en fazla yırtıcı olanlarsa en savunmasız türler arasındadır. ABD'de, Floruda Keys'te habitat parçalanması ve çeşitlilik üzerindeki etkileriyle ilgili incelemeler Robert MacArthur ve E.O. Wilson'ın çığır açan Theory of Island Biogeography'sine (1967; Ada Biyocoğrafyası Teorisi) yol açtı.

Planlamacılar, koruma alanı olarak ayrılan yalıtık habitat parçalarında –bazen kentlerin ortasında– türlerin nasıl korunacağı konusunda bu tür çevrelerden önemli dersler çıkardı. Barro Colorado ve ona benzer yerler, yaşamsal araştırma olanakları sundu; buralarda çevrebilimciler, değişen tür çeşitliliğinin bir ekosistemin her düzeydeki işleyişini nasıl etkilediğini araştırabilir.

DEĞİŞEN
ÇEVREDE
ORGANİZ

BİR

MALAR

1799
Alexander von Humboldt modern **bitki coğrafyasına** zemin hazırlayan bir keşif gezisiyle **Latin Amerika** yollarına düşer.

1845
Pierre-François Verhulst popülasyon artışını öngörmek için bir denklem formüle eder.

1880'LER
En erken **ekolojik ölçüm** biçimleri, Stephen A. Forbes'in **vahşi balık** incelemelerinde yapılır.

1895
Johannes Warming bitkilerin, **çevreleriyle** nasıl **ilişkilendiğini** gösterirken, **botanik** ve **ekoloji** alanlarını birleştirir.

1898
Andreas Schimper bir bitkinin **fizyolojisi** ile **dış koşullar** arasındaki bağın **bitki ekolojisinin** anahtarı olduğunu gösterir.

1899
Kumulların **değişen bitki örtüsü, Henry Chandler Cowles'in birincil ardıllık** düşüncesine esin kaynağı olur.

1916
Frederic Clements **ekolojik topluluklarda** zaman içinde istikrar kazanma süreci için **"klimaks topluluk"** terimini türetir.

Organizmaların uzay ve zaman dağılımı ekolojinin temel ilgi alanlarından biridir. 19. yüzyılın başında ekolojinin kurucu babalarından Prusyalı kâşif Alexander von Humboldt, Latin Amerika'daki bitki coğrafyasına ilişkin ayrıntılı araştırmalar yaptı. Philip Sclater kuş türlerinin küresel dağılımını resmetti ve Alfred Russel Wallace aynı şeyi diğer omurgalılar için yapıp bugün hâlâ büyük ölçüde kullanılan altı zoocoğrafi bölge önerdi.

Topluluklar

İlk saha çalışmaları organizmaların dağılımına ve bolluğuna yoğunlaştı ama 19. yüzyılın sonlarında bilim insanları araştırma verilerinin türler arasındaki etkileşimlere de ışık tutabildiğini fark etti. Bu durum, bir anlamda ekoloji alanının gerçek doğumunu temsil etmekteydi. Öncüler arasında 1880'lerde vahşi balık popülasyonlarını inceleyen Amerikalı doğabilimci Stephen A. Forbes ve bitkiler ile çevreleri arasındaki etkileşimleri inceleyen ve bitki toplulukları düşüncesini tanıtan Danimarkalı botanikçi Johannes Warming de vardı.

İklim ile bir bölgenin baskın bitki örtüsü arasındaki bağı 1898'de dünya çapında bitki örtüsü bölgelerini sınıflandıran Alman botanikçi Andreas Schimper ortaya koydu. 20. yüzyılın ilk yıllarında çevrebilimciler Rus bilim insanı Vladimir Vernadsky'nin biyosfer kavramının örneklediği gibi, bir ekosistem içindeki tüm organizmaların birbirleriyle bağlantılı oluşlarına daha fazla önem verdi.

Amerikalı botanikçi Henry Chandler Cowles 1890'larda Michigan Gölü kıyısı boyunca kumullarda yetişen bitkileri incelerken bir bitki türleri ardıllığının olduğunu fark etti; "öncü" bitkilerin yerini başkaları alıyor, onlar da yerini başkalarına bırakıyordu. Amerikalı Frederic Clements bu ardıllığın bitiş noktasını tarif etmek için "klimaks topluluk" terimini kullandı. 1916'da küresel bitki örtüsü örüntülerini, bölgesel iklimi yansıtan bitki –ve onlara bağımlı olan organizma– "oluşumları" ya da büyük topluluklar olarak düşünmeyi önerdi. Örneğin görece nemli, ılıman bölgelerde yaprak döken ormanlar egemen olabilir ama otlaklar daha kuru, daha ılıman alanlara egemen olma eğilimindedir. Clements'e göre bu klimaks topluluk-

1957
İlk **uydu** uzaya gönderilir, **yaban hayatı izlemede** yeni teknolojileri müjdeler.

1967
Richard B. Root'un mavi-gri sinekkapan üzerine tezinde **"ekolojik lonca"** kavramı tanıtılır.

1975
Yurttaş bilimi, Fred ve Norah Urquhart'ın **kral kelebeklerin** kışın nereye gittiklerini keşfetmelerini olanaklı kılar.

1976
Robert May, **hayvan popülasyonu dinamiklerinde** büyüme ve azalma oranlarını öngörmek için **kaos teorisini** uygular.

1988
John Odling-Smee "**niş yapıcılar**"ın çevrelerini aktif bir biçimde değiştirdiklerini öne sürer.

1989
James H. Brown ve Robert Maurer, geniş alanlarda **ekolojik örüntülerin** analiz edildiği **makro-ekoloji** kavramını geliştirir.

1991
Ilkka Hanski parçalanmış habitatlardaki türler için **meta-popülasyon teorisinin** ana hatlarını çizer.

2004
Mathew Leibold'un "**meta-topluluklar**" kavramı, tek bir türün popülasyonlarının nasıl **yayıldığına ve etkileşime girdiğine** bakar.

lar birbirine bağlıydı ve tek, karmaşık organizmalar olarak düşünülebilirdi.

Amerikalı botanikçi Henry Gleason, Clements'e itiraz etti; Gleason'a göre bitki toplulukların haritası çıkarılabilirdi ama bireysel bitki türlerinin ortak bir amacı olmadığı için tümleşik topluluklar düşüncesi geçersizdi. Görüşü, 1950'lerde Robert Whittaker'ın saha araştırmalarında ve John Curtis'in sayısal araştırmalarında destek buldu.

1967'de Amerikalı çevrebilimci Richard Root aynı kaynakları kullanan "lonca", bir grup organizma –yakın akraba ya da başka türlü– düşüncesini önerdi. Daha sonra çevrebilimciler James MacMahon ve Charles Hawkins lonca tanımını geliştirip nasıl yaptıklarından bağımsız olarak "aynı çevresel kaynak sınıfını kullanan" türler olarak değiştirdi.

Yeni düşünceler

Birçok yeni düşünce, 20. yüzyılın sonu ve 21. yüzyılın başlarında ekoloji araştırmalarını zenginleştirdi. Bir türün popülasyonunun farklılaşan, dinamik bileşenlerden oluştuğunu savunan Finlandiyalı Ilkka Hanski meta-popülasyon kavramını öne sürdü. Bir popülasyonun bir kısmının soyu tükenirken bir kısmı gelişebilir. Gelişen unsur, daha sonra, ölmüş popülasyonun yeniden oluşmasına yardımcı olabilir.

İngiliz çevrebilimci John Odling-Smee'ye göre, süreç içinde "niş yapıcı" tür kendine daha elverişli bir çevre yaratır – tarihöncesi zamanlarda atmosferin bileşimini değiştiren oksijen-üreticisi siyanobakterilerden sulak alanlar yaratan kunduzlara kadar sayısız örnekte görüldüğü gibi.

Modern yöntemler

Geleneksel olarak çevresel değişimi izleme görevi, akademisyenlerin ve profesyonel çevrebilimcilerin sorumluluğu olarak görüldü ama şimdi milyonlarca meraklı amatör, çiçek açma tarihlerinden kelebek sayılarına, mercan resiflerinin durumundan üreyen kuş popülasyonlarına kadar her konuda muazzam miktarda ham veri sağlıyor. Bilgisayarların çok büyük miktarda veriye hızla işleme gücüyle ve dünya ekolojisinin her zamankinden daha hızlı değişmesiyle birlikte "yurttaş bilimi" ekoloji için paha biçilmez bir kaynak olacak gibi görünüyor. ■



DOĞANIN FELSEFİ OLARAK İNCELENMESİ BUGÜNÜ GEÇMİŞE BAĞLAR

TÜRLERİN UZAY VE ZAMAN DAĞILIMI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Alexander von Humboldt (1769–1859)

ÖNCE
1750 Carl Linnaeus bitki dağılımının iklim tarafından belirlendiğini açıklar.

SONRA
1831–36 Charles Darwin, HMS Beagle yolculuğu sırasında bir alanda yaşayan birçok hayvanın başka yerlerde benzer habitatlarda bulunmadığını doğrulayan çeşitli gözlemler yapar.

1874 İngiliz zoolog Philip Sclater dünya kuşlarının zoocoğrafyasının (hayvanların coğrafi dağılımı) bir tasvirini yapar.

1876 Alfred Russel Wallace sonraki 80 yıl boyunca tanımlayıcı biyocoğrafya metni olan iki ciltlik *The Geographical Distribution of Animals*'ı (*Hayvanların Coğrafi Dağılımı*) yayımlar.

Türler bütün **dünyaya dağılmıştır.**

→

Dünya ve habitatları **değiştiği** için **bitkiler** ve **hayvanlar zaman içinde** yer değiştirir.

↓

Bilim insanları türlerin şimdi nerede ve **nasıl** yaşadığını, aynı zamanda **daha önce** nerede olduklarını ve neyin **değiştiğini** de inceler.

←

Doğanın felsefi olarak incelenmesi, şimdiyi geçmişe bağlar.

Biyolojik toplulukların ve türlerin dağılımı ya da aralığı birçok faktöre göre değişir – enlem, iklim, yükseklik, habitat, yalıtım ve türün karakteristik özellikleri gibi. Tür dağılımını incelemeye biyocoğrafya denir. Biyocoğrafya dağılım örüntülerinin zaman içinde nasıl ve neden değiştiğiyle de ilgilenir.

Carl Linnaeus gibi ilk botanikçiler ve zoologlar tür dağılımında coğrafi varyasyonların farkındaydı ama zoolojinin bu yanıyla ilgili ayrıntılı araştırmalar yapan ilk kişi 1799'da Fransız botanikçi Aimé Bonpland ile birlikte Latin Amerika'ya giden Prusyalı bilgin Alexander von Humboldt'tu. Beş yıllık keşif gezileri bitki coğrafyasının temelini attı. Humboldt yerinde gözlemin en iyisi olduğuna inanıyordu ve hem bitki hem hayvan türlerinin titiz kayıtlarını tutmak için gelişmiş aletler kullandı; verileri etkileyebilecek tüm faktörlere dikkat etti. Ekvator'da Chimborazo Dağının oldukça ayrıntılı haritası

Ayrıca bkz: Modern bir biyolojik çeşitlilik görüşü 90–91 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Ada biyocoğrafyası 144–149 ▪ Büyük ekoloji 153 ▪ İklim ve bitki örtüsü 168–169

> Doğanın birliği tüm fiziksel bilimlerin karşılıklı ilişkisi demektir.
>
> **Alexander von Humboldt**

ve kesiti bu bütünlükçü yaklaşımın en iyi örneğidir.

Wallace'ın katkısı

Birçok 19. yüzyıl doğabilimcisi biyocoğrafi bilgiye katkıda bulundu ama en önemlilerinden biri, İngiliz doğabilimci Alfred Russel Wallace'tı. Philip Sclater'in kuş türlerinin küresel dağılımına ilişkin anlatımını okuduktan sonra Wallace aynı şeyi diğer hayvanlar için de yapmaya koyuldu. Köprü vazifesi gören kara parçalarında meydana gelen değişiklikler ve buzullaşmanın etkileri de dahil, o sırada ilişkili olduğu bilinen tüm faktörleri inceledi. Bitki örtüsünün hayvan dağılımını nasıl etkilediğini göstermek için haritalar çıkardı ve bilinen tüm omurgalı familyalarının dağılımını özetledi.

Sonra Wallace bugün hâlâ büyük ölçüde kullanılan altı zoocoğrafi bölge önerdi: Nearktik (Kuzey Amerika), Neotropik (Güney Amerika), Palearktik (Avrupa, Kuzey Afrika ve Asya'nın büyük bölümü), Afrotropik (Sahra'nın güneyi), İndomalaya (Güney ve Güneydoğu Asya) ve Avustralasya (Avustralya, Yeni Gine ve Yeni Zelanda). Son iki bölge arasında Endonezya'dan geçen ayrım çizgisi hâlâ Wallace Çizgisi olarak bilinir.

Levha tektoniği

Wallace fosil kalıntılardan da dikkate değer keşifler yaptı. Örneğin, ilk kemirgenlerin kuzey yarımkürede evrildiğini, Avrasya üzerinden Güney Amerika'ya göçtüklerini ortaya çıkardı. Daha sonra 1915'te Alman jeolog Alfred Wegener, Güney Amerika ile Afrika kıtalarının eskiden bağlantılı olduğunu, tapirlerin ve diğer türlerin yayılmasına olanak verdiğini öne sürdü.

Wegener türlerin dağılımının kısmen jeolojik tarihin bir kaydı olduğunu biliyordu. Türler koşullar değiştikçe yeni alanları kolonileştirir ve zamanla yeni okyanuslar ya da sıradağlar gibi engellerle birbirinden ayrılır. Bugün insan yapımı iklim ve çevre değişiklikleri hız kazanırken ve yeni engeller yaratırken bu anlayış yeni ve yaşamsal bir anlam kazandı. ▪



Tapirler en az 50 milyon yıl önce Kuzey Amerika'da evrildi. Güney ve Orta Amerika ile Güneydoğu Asya'ya yayıldılar ve şimdi oralarda yaşıyorlar; ama Kuzey Amerika'da ise yok oldular.



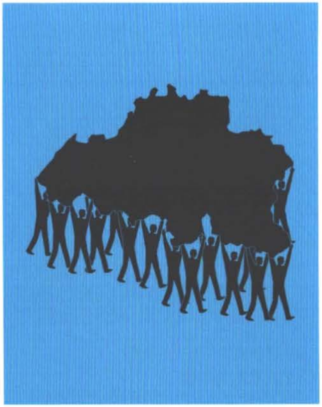
Alexander von Humboldt

"Bitki coğrafyasının kurucusu" olarak bilinen Humboldt jeolojiye, meteorolojiye ve zoolojiye de değerli katkılarda bulundu. 1769'da Berlin'de doğdu; erken yaşta bitki, deniz kabuğu ve böcek toplamaya başladı. 1799-1804'te Latin Amerika'ya yaptığı keşif gezisi Meksika, Küba, Venezuela, Kolombiya ve Ekvator'u kapsadı ve ekibi, Chimborazo'da 5.878 metreye tırmanınca dünya yükseklik rekorunu kırdı.

Humboldt yanardağların yeraltında derin çatlaklardan kaynaklandığını düşündü, yükseklikle birlikte sıcaklık düşüşünü araştırdı ve Dünya'nın manyetik alan kuvvetinin kutuplardan uzaklaştıkça düştüğünü keşfetti. Keşif gezisini ayrıntısıyla anlatan 23 ciltlik eseri yeni bir bilimsel yazı standardı oluşturdu ve ününü perçinledi.

Önemli eserleri

1807 *Essay on the Geography of Plants*
1805–1829 *Personal Narrative of Travels to the Equinoctial Regions of the New Continent During Years 1799–1804*



FİİLİ NÜFUS ARTIŞI ÜLKENİN DOĞURGANLIĞIYLA SINIRLIDIR

VERHULST DENKLEMİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Thomas Malthus (1766–1834), **Pierre-François Verhulst** (1804–49)

ÖNCE
1798 Thomas Malthus nüfusların ortak bir oran temelinde üslü olarak arttığını, besin arzının ise sabit bir oranda daha yavaş büyüdüğünü ve bunun potansiyel besin yetersizliklerine yol açtığını savunur.

1835 Belçikalı istatistikçi Adolphe Quetelet nüfus artışının nüfus yoğunluğu arttıkça azalma eğiliminde olduğunu öne sürer.

SONRA
1911 Ordu hekimi olarak çalışan Anderson McKendrick, Verhulst denklemini bakteri popülasyonlarına uygular.

1920 Amerikalı biyolog Raymond Pearl bir popülasyon artışı "yasası" olarak Verhulst denklemini önerir.

Pierre-François Verhulst, Thomas Malthus'un *Nüfus İlkesi Üzerine Bir Deneme*'yi okuduktan sonra insan nüfusunun artışından etkilenen Belçikalı bir matematikçiydi. 1845'te daha sonra Verhulst denklemi olarak adlandırılan kendi nüfus dinamikleri modelini yayımladı.

Verhulst, Malthus'un düşüncelerinden etkilenmesine rağmen onun öngörülerinde büyük bir kusur olduğunu fark etti. Malthus insan nüfusunun geometrik olarak artma, düzenli zaman aralıklarında iki katına çıkma eğiliminde olduğunu iddia etmişti. Verhulst bunun çok basit olduğunu, Malthus'un modelinin daha büyük bir nüfusun yiyecek bulma zorluğunu hesaba katmadığını düşündü. Ona göre "nüfus giderek" üreme hızının hem mevcut nüfusla, hem bulunabilir besin miktarıyla orantılı olduğu "durağan bir duruma yaklaşır." Verhulst'un modelinde maksimum nüfus artışı noktasından –"dönüm noktası"– sonra artış hızı giderek yavaşlar, bir alanın "taşıma kapasitesine" –besleyebileceği bireylerin sayısı– tedricen ulaşmayı hedefler. Verhulst'un modeli görselleştirilince daha sonra lojistik eğri denilen S-şeklinde bir eğri ortaya çıkar.

> Geometrik dizi hipotezi yalnızca çok özel koşullarda geçerli olabilir.
> **Pierre-François Verhulst**

Pratik kanıtlamalar

Verhulst'un modeli, kısmen kendisi de tamamen emin olmadığı için onyıllarca göz ardı edildi. Ama 1911'de İskoç ordu hekimi ve epidemiyolog Anderson McKendrick bakteri popülasyonlarındaki artışı öngörmek için lojistik denklemi kullandı. Sonra 1920'de Verhulst'un denklemi Amerika'da Raymond Pearl tarafından benimsendi ve tanıtıldı.

Pearl meyvesinekleriyle ve tavuklarla deneyler yaptı. Bir şişede tutulan meyvesineklerine sabit miktarda besin verildi. Başlangıçta doğurganlık oranları arttı. Ne var ki,

Ayrıca bkz: Türlerin uzay ve zaman dağılımı 162–163 ▪ Meta-popülasyonlar 186–187 ▪ Meta-topluluklar 190–193 ▪ Popülasyon fazlalığı 250–251

> Biyologların insan sorunlarını incelemeye kalkışırlarsa dışlanmaları şimdilik hiçbir şekilde olası değildir.
> **Raymond Pearl**

popülasyon yoğunluğu artınca kaynak için rekabet de arttı ve sonunda bir darboğaza ulaştı. Ondan sonra sineklerin doğurganlık oranı düştü; sayıları artmaya devam etti ama yavaş bir biçimde arttı ve genel olarak popülasyon düzeyi sabitlendi.

Benzer şekilde Pearl bir kümesteki tavukların sayısı artınca tavukların yeterli yiyecek bulmak için mücadele ettiklerini gördü. Aralarındaki boşluk azaldıkça tavuklar daha az yumurta yaptı ve doğurganlık oranları gerileyince popülasyon artışı hızı da yavaş yavaş sabitlendi.

Değişken stratejiler

Verhulst'un denkleminde, bir türün maksimum üreme kapasitesi (*r*) ve alanın taşıma kapasitesi (*K*) iki anahtar değişkendir. Organizmalar ya r-stratejisti ya *K*-stratejistidir. Bakteriler, fareler ve küçük kuşlar gibi *r*-stratejistleri hızlı ürer, erken olgunlaşır ve görece kısa bir ömürleri vardır. İnsanlar, filler ve dev sekoya ağaçları gibi *K*-stratejistlerinin daha yavaş bir üreme hızı vardır, olgunlaşmaları daha uzun sürer ve daha uzun yaşama eğilimindedirler. Çevrebilimciler zorunlu yüksek üreme düzeyinin risklerini değerlendirmek için çoğu kez istikrarsız çevrelerde bulunan r-stratejistlerini ve türün uzun süre hayatta kalmasını sağlamak için daha öngörülebilir çevrelerde bulunan *K*-stratejistlerini inceler. ■



Meyvesinekleri olgun meyve ve sebzeleri çekici bulan küçük, basit sineklerdir. Çok hızlı üredikleri ve yetiştirilmeleri kolay olduğu için laboratuvar araştırmaları için popülerdirler.

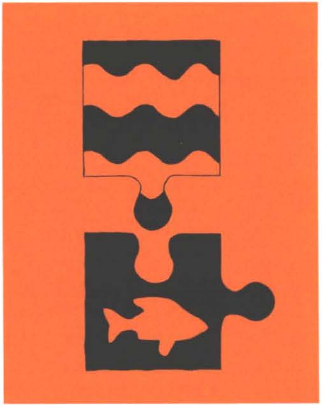


Thomas Malthus

Malthus 1766'da İngiltere Surrey'de varlıklı bir ailenin yedinci çocuğu olarak dünyaya geldi. Cambridge Üniversitesinde dil ve matematik okuduktan sonra kırsal bir kilisenin papazlığını üstlendi. 1798'de insan nüfusunun artış hızının besin üretimindeki daha sabit yükselişi geride bırakıp kaçınılmaz açlığa yol açtığını öne süren bir deneme yayımladı. Devamında Malthus denemenin altı basımını daha yayımladı ve nüfus verilerini toplamak için Avrupa'yı birçok kez ziyaret etti. 1805'te Hertfordshire'da Doğu Hint Kumpanyası Kolejine Tarih ve Siyasal Ekonomi Profesörü olarak atandı. Ekonomi politikayla ilgili tartışmalara giderek daha fazla müdahil oldu ve Yoksul Yasalarını enflasyona neden olduğu ve yoksulların yaşamını iyileştiremediği için eleştirdi. Malthus 1834'te öldü.

Önemli eserleri

1798 *An Essay on the Principle of Population*
1820 *Principles of Political Economy*
1827 *Definitions in Political Economy*



İLK İHTİYAÇ DOĞAL DÜZENİN AYRINTILI BİR BİLGİSİDİR

ORGANİZMALAR VE ÇEVRELERİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Stephen A. Forbes (1844–1930)

ÖNCE
1799–1804 Alexander von Humboldt, Latin Amerika gezilerinde biyocoğrafya alanına öncülük eder.

1866 Alman doğabilimci Ernst Haeskel organizmaları çevreleriyle ilişki içinde incelemeyi tarif etmek için "ekoloji" terimini türetir.

1876 İngiliz doğabilimci Alfred Russel Wallace *The Geographical Distribution of Animals*'ı yayımlar.

SONRA
1890'lar Frederic Clemets ekolojik topluluklar kavramını önerir.

1895 Johannes Warming, *Ecology of Plants*'te çevrenin bitki dağılımı üzerindeki etkisini açıklar.

Doğabilimci –doğal dünyadaki organizmaları inceleyen kişi– fikri Antik Yunan'a kadar gider. Aristoteles bol miktarda yaban hayat gözlemi yaptı ve eserleri daha sonraki doğabilimcilere zemin yarattı. Bununla birlikte bu tür araştırmaların potansiyeli 19. yüzyıla kadar gerçek anlamda anlaşılmadı.

Yeni ekoloji çalışmaları

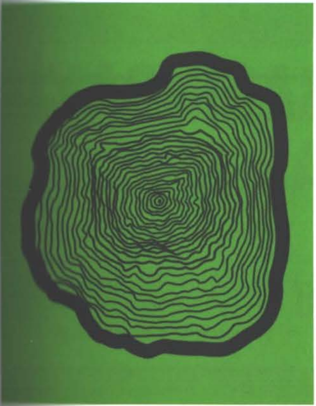
Doğabilimciler daha uzun süreli saha gezileri yaptıkça türlerin küresel dağılımı daha fazla alenileşti ve bir bilim olarak ekoloji kavramı ilgi gördü.

Ekolojik yöntemleri kullanan ilk bilim insanlarından biri ABD'li biyolog Stephen A. Forbes'ti. 1880'lerde Wisconsin gölünde balıkları incelerken araştırma verilerinin yalnızca türlerin bolluğunu değil, aralarındaki etkileşimlerin de bir resmini vermek için yorumlanabileceğini fark etti. Forbes geleneksel araştırmanın kapsamını genişletip pratik saha çalışması ile teorik analiz ve deneyleri birleştirdi. Bu yuvarlatılmış ekolojik araştırmalar bir çevre içindeki doğal düzenin resmini yarattı. Çevrenin bitki ve hayvan yaşamının birbiriyle bağlantılı etkilerine ışık tutmakla zamanı içinde türlerin dağılımını ve çeşitlenmesini açıklamaya da yardımcı olabilirdi. ■



Uydu görüntüleri göl ölçeğindeki değişiklikleri kolayca gözlemlemeleri olanaklı kılar. Hazar Denizinin bu görüntüsünde yeşil alanlar, alg çoğalmasının kanıtıdır – besin zenginleşmesinin ürünü.

Ayrıca bkz: Canlıları sınıflandırma 82–83 ■ Hayvan ekolojisi 106–113 ■ Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi 156–157



BİTKİLER FARKLI BİR ZAMAN ÖLÇEĞİNDE YAŞAR

BİTKİ EKOLOJİSİNİN TEMELLERİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Johannes Eugenius Warming (1841–1924)

ÖNCE
1859 Charles Darwin'in doğal ortamları içinde bitkileri ve hayvanları ayrıntılı tasviri daha sonra "ekoloji" olarak adlandırılan şeyin takdir edilmesinin başlangıcına işaret eder.

SONRA
1935 İngiliz botanikçi Arthur Tansley, *Ecology*'de "ekosistem" terimini tanımladığı bir makale yayımlar.

1938 Amerikalı botanikçiler John Weaver ve Frederic Clements bitki toplulukları ve ardılları kavramlarını daha da geliştirir.

1995 David Attenborough'un televizyon belgeseli "Bitkilerin Özel Yaşamı" ("The Private Life of Plants"), bitkileri kendi ortamlarının dinamik etkileyicileri olarak tasvir eder.

Bitki ekolojisi, bitkilerin birbirleriyle ve çevreleriyle nasıl etkileştiklerini inceler. Danimarkalı botanikçi Johannes Eugenius Warming 1895'te *The Ecology of Plants* (*Bitkilerin Ekolojisi*) kitabında ilk kez botanik ve ekoloji bilimlerini bir araya getirdi. Bitkilerin kendi çevrelerine nasıl tepki verdiklerini, yaşam döngülerinin ve yapılarının yetiştikleri yerle nasıl ilişkili olduğunu anlattı. Kitap bitki toplulukları kavramını tanıttı ve bir grup türün aynı yerel koşullara tepki olarak bu koşullarda nasıl etkileştiğini ve geliştiğini ana hatlarıyla anlattı.

> Toprak bir topluluktur ve bu, ekolojinin temel kavramıdır.
> **Aldo Leopold**
> ***Amerikalı çevrebilimci***

Bitkiler ve ekosistemler

Uzun yıllar bitki ekolojisi ve hayvan ekolojisi ayrı ayrı çalışıldı ancak 20. yüzyılın başında daha bağlantılı bir bakış açısı ortaya çıktı. Bitki toplulukları ve ardıllığı –ekolojik bir topluluğun zaman içinde değişme süreci– üzerine önemli teoriler bu zaman aralığında kuruldu. 1926'da Rus jeokimyacı Vladimir Vernadsky, Dünya'nın biyosferi, Dünya yüzeyinin ve atmosferinin tüm canlı organizmaların var olduğu ve etkileştiği bölümleri düşüncesini tanıttı.

Bitkiler bir çevre içindeki hassas değişim barometreleridir. Anatomilerinin, fizyolojilerinin, dağılımlarının ve bolluklarının yanı sıra diğer organizmalarla etkileşimleri ve toprak koşulları, hidroloji ve kirlenme gibi çevresel faktörlere tepkilerinin de incelenmesi tüm ekosistem hakkında paha biçilmez bilgiler sağlayabilir. ■

Ayrıca bkz: İklim ve bitki örtüsü 168–169 ▪ Ekolojik ardıllık 170–171 ▪ Biyosfer 204–205 ▪ Tehlike altındaki habitatlar 236–239 ▪ Ormansızlaşma 254–259



BİTKİLER ARASINDAKİ FARKLILIKLARIN NEDENLERİ

İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Andreas Schimper
(1856–1901)

ÖNCE
1737 Carl Linnaeus'un *Flora Lapponica*'sı Laponya bitkilerinin coğrafi dağılımının ayrıntılarını içerir.

1807 Alexander von Humboldt çığır açıcı Essay on the *Geography of Plants*'i yayımlar.

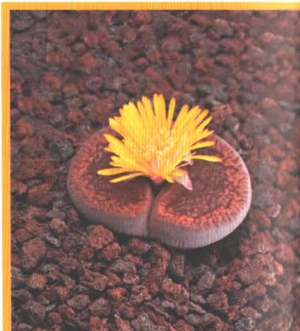
SONRA
1916 Frederic Clements, *Plant Succession: an Analysis of the Development of Vegetation*'da, tür topluluklarının nasıl içinde yetiştikleri iklimin göstergeleri olduklarını anlatır.

1968 Amerikalı coğrafyacılar John Mather ve Gary Yoshioka, "Bitki Örtüsü Dağılımında İklimin Rolü" başlıklı makalede bitki dağılımlarını tanımlamak için tek başına sıcaklığın ve yağmurun yeterli olmadığını açıklarlar.

Farklı iklimlerde farklı bitkilerin yetiştiği, büyük ihtimalle tarım var olduğundan beri yaygın bir bilgiydi; birçok kültür binlerce yıl bitki ticareti yaptı. Bununla birlikte, bir bölgenin baskın bitki örtüsü tipi ile iklimi arasındaki açık bağ, Alman botanikçi Andreas Schimper 1898'de bitki coğrafyası üzerine düşüncelerini yayımlayana kadar kategorik olarak dile getirilmedi.

Carl Linnaeus ve Alexander von Humboldt gibi botanikçiler 18. ve 19. yüzyıllarda bitki dağılımlarıyla ilgili yazılar yazmıştı. Çok yer gezen Humboldt bitkilerin nerede yetişip nerede yetişmediğini etkileyen önemli faktörlerden birinin iklim olduğunu biliyordu. Schimper dünyanın farklı bölgelerinde benzer iklim koşullarında benzer bitki tiplerinin ortaya çıktığını açıklayarak Humboldt'tan bir adım daha ileri gitti. Sonra bu gözlemi yansıtan küresel bir bitki kuşakları sınıflandırması hazırladı.

Schimper'in 1898 tarihli kitabı *Plantgeography upon a Physiological Basis* 870 sayfaya yakındı ve tek bir yazar tarafından yazılan en büyük ekoloji monografilerinden biridir. Bitki coğrafyası ile bitki fizyolojisinin (bitkilerin işleyişi) bir sentezi olan kitap, bitki ekolojisini incelemenin temeli oldu. Schimper, bitkilerin yapıları ile farklı yerlerde karşılaştıkları dış koşullar arasındaki bağlantının "ekolojik bitki coğrafyası" olarak tarif ettiği şeyin anahtarı olduğunu açıkladı. Bitki örtüsü tropikal, ılıman, arktik, dağ ve su kuşaklarına; bunlar da egemen iklime göre alt bölümlere ayrıldı. Örneğin, tropikal bitki



"Çiçek açan taşlar" (*Lithop*) **Güney Afrika'ya özgüdür; kalın, etli yaprakları kuru, kayalık koşullara uygundur. Avustralya'da benzer çorak habitatlarda da akraba türler bulunur.**

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Ekofizyoloji 72–73 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Bitki ekolojisinin temelleri 167 ▪ Biyocoğrafya 200–201 ▪ Biyomlar 206–209

> ... tüm bitki türlerinin ve coğrafi dağılımlarının iyice bilineceği zaman çok uzak değildir.
>
> **Andreas Schimper**

örtüsü iklimin yıl boyunca mı, mevsimsel olarak mı nemli, yoksa büyük ölçüde kuru mu olduğuna göre savana, dikenli ağaç ormanı, ağaçlık, tropikal yağmur ormanı ve bariz bir kuru mevsim yaşayan ağaçlık olarak ayrıldı.

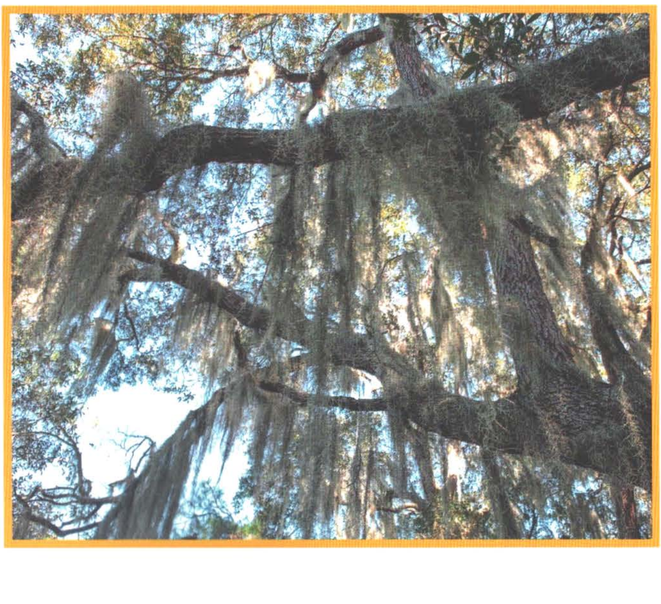
Aşırı koşullara adaptasyonlar

Schimper bitki fizyolojisi –bitkilerin yapıları ile değişik sıcaklıklara ve nem koşullarına nasıl uyarlandıkları– hakkında detaylı bir çalışma yaptı. Özellikle aşırı iklim koşullarında yetişen bitkilerle ilgilendi. Örneğin tuzlu ortamlar, bitkilerin tuz seviyesi yüksek topraklarda ve sularda varlığını sürdürmesini gerektirir. Schimper, Brezilya'nın kıyı magrovlarında, Karayipler ve Sri Lanka sahillerinde ve Java'da kükürt püskürten yanardağ kraterlerinde yetişen bitkilerin benzer biçimde tuza toleranslı olduklarını bulguladı.

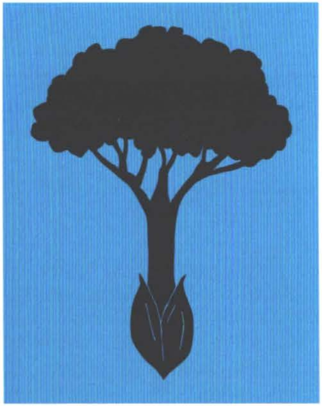
Schimper kurak çevrelerin zorlu koşullarıyla bitkilerin nasıl başa çıktığını da inceledi. Sıcak, kuru yerlerde yetişen bitkilerin "su geçişini düzenlemek için değişik düzenekler" geliştirdiklerini buldu. Bunu göstermek için sert yapraklı, boğum araları (sap boyunca yapraklar arasındaki mesafe) kısa ve yaprak yönü doğrudan Güneş ışığına paralel ya da eğimli bir bitki tipini seçti. Bu bitki tipi dünyanın çeşitli bölgelerinde, suyun kıt olduğu kurak koşullarda yetişiyordu. Schimper'in bu bitkilere verdiği ad –Yunanca *skleros* (sert) ve *fullon* (yaprak) sözcüklerinden türettiği sklerofil (sert-yapraklı)– bugün hâlâ kullanılmaktadır.

Epifitler diğer bitkilerin yüzeyinde yetişen, nemi ve besin öğelerini havadan ya da yağmurdan alan bitkiler de Schimper'i büyüledi. Güney ABD'de ve Karayip adalarında yetişen İspanyol yosunu gibi epifitleri ve Güney Amerika, Güney Asya ve Güneydoğu Asya'da benzer türleri gözlemledi. Sıcak ısılarla ve yıl boyu nemle –tropikal yağmur ormanı dediği özellikler– bağlantılı olduklarını bulguladı.

Schimper'in tasarladığı genel coğrafi ayrımlar hâlâ geçerli olmasına rağmen basit iklim farklılıklarının ötesinde birçok farklı uyarana tepki olarak bitki örtüsünün nasıl geliştiği daha iyi bilinmektedir. Örneğin, bir nem endeksinde birleşebilen atmosfere olan potansiyel su buharlaşması, su fazlası ve su açığı ölçümleri, bitki dağılımı konusunda, basit sıcaklık ve yağış rakamlarından daha yararlı belirleyicilerdir. ■



Diğer epifitler gibi İspanyol yosunu da diğer türlerin üzerinde yaşar ama suyu ve besin öğelerini konağından değil, havadan alır. Tropikal ve astropikal çevrelerde gelişir.



BİR TOHUMA BÜYÜK İNANCIM VARDIR

EKOLOJİK ARDILLIK

KISACA

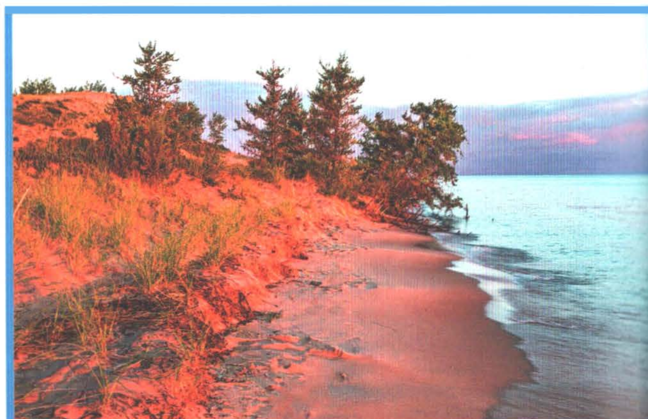
ÖNEMLİ KİŞİ
Henry Chandler Cowles
(1869–1939)

ÖNCE
1825 Adolphe Dureau de la Malle orman aşılamalarında yeni sürgünleri tarif ederken "ardıllık" terimini türetir

1863 Avusturyalı botanikçi Anton Kerner, Tuna ırmağı havzasındaki bitki ardıllığına ilişkin bir inceleme yayımlar.

SONRA
1916 Frederic Clements toplulukların bir ardıllık döneminin sonunda klimaks ya da kararlı bir dengeye yerleştiklerini öne sürer.

1977 Çevrebilimciler Joe Connell ve Ralph Slatyer ardıllığın değişik biçimlerde gerçekleştiğini savunur, kolaylaştırmanın (daha sonraki türlere yol hazırlama), toleransın (düşük kaynak) ve engellemenin (rakiplere direnme) altını çizer.



15.000 yıl önce Michigan gölünün kıyılarında yalnızca çıplak kum olurdu. Bitki örtüsü fiziksel bir eğim halinde gelişti: suya en yakın yerde kum, daha geride orman.

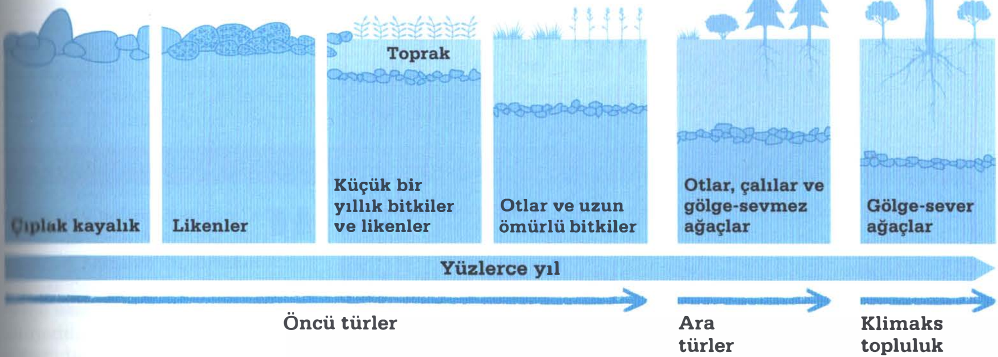
Indiana Dunes, ABD'de Michigan gölünün güney kıyısı boyunca yer değiştiren kumların rüzgâra açık kesimini oluşturur. 1896'da Amerikalı botanikçi Henry Chandler Cowles bu kumulları ilk kez gördü ve yeni doğan ekoloji alanındaki kariyerine böyle başladı. Kumullar gezegenin en az durağan yer şekilleri arasındadır; bu nedenle ekolojilerindeki değişiklikler görece hızlı bir biçimde gerçekleşir. Cowles kumullar arasında yürürken belli bitkiler ölünce onların ayrışan maddelerinin öteki bitkiler için elverişli koşullar yarattığını fark etti. Bu yeni bitkiler de ölünce daha da fazla bitki yetişebilirdi.

Her ne kadar kavramın zemini daha eski doğabilimciler tarafından hazırlanmış olsa da gözlemlerine dayanan Cowles ekolojik ardıllık düşüncesini geliştirdi. 1860'ta Massachusetts'te Middlesex Tarım

Ayrıca bkz: Saha deneyleri 54–55 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Klimaks topluluk 172–173 ▪ Açık topluluk teorisi 174–175 ▪ Biyomlar 206–209 ▪ Romantizm, çevre koruma ve ekoloji 298

Birincil ardıllık

Birincil ardıllık süreci çıplak kayalık gibi kıraç çevrelerde başlar. Önce dayanıklı türler, genellikle likenler ortaya çıkar ve ardından yüzlerce yıl içinde daha karmaşık ve çeşitli yaşam formlarının oluşturduğu istikrarlı bir klimaks topluluğa yol açar.



Derneği üyelerine seslenen Henry David Thoreau şöyle demişti: "Hiçbir tohumun bulunmadığı yerde bir bitkinin çıkabileceğine inanmasam da bir tohuma büyük inancım vardır."

Bir ekosistemin büyümesi

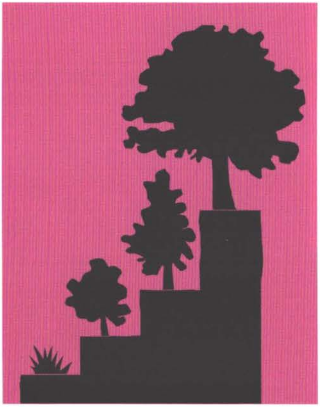
Fransız coğrafyacı Adolphe Dureau de la Malle, bir ormandan tüm ağaçların kaldırılmasından sonra bitki topluluklarının gelişimine tanıklık ettiğinde ekolojiye atıfta bulunarak "ardıllık" terimini kullanan ilk kişi sayılır. Cowles 1899'da yayımlanan *The Ecological Relations of the Vegetation on the Sand Dunes of Lake Michigan*'de (*Michigan gölünün Kumullarında Bitkilerin Ekolojik İlişkileri*) kendi ekolojik ardıllık teorisini daha biçimsel bir açıklamasını sundu. Bu çığır açıcı makalede, birincil ardıllık –başlangıçta bitki yaşamından büyük ölçüde yoksun bir ekosistemin tedrici büyümesi– düşüncesini önerdi. Birincil ardıllığın evreleri öncü bitkileri (çoğu kez likenleri ve yosunları), ardından otsu bitkileri, küçük çalıları ve ağaçları içerir.

Kargaşadan sonra yaşam

İkincil ardıllık, su baskını ya da yangın gibi, bitki yaşamını yok eden bir kargaşadan sonra gerçekleşir. Bitki yaşamı kendini yeniden kurar ve kargaşadan önce var olana benzer bir ekosistem şeklinde gelişir. İkincil ardıllığın evreleri, birincil ardıllığınkine benzer ama ekosistem, tetikleyicinin neden olduğu hasar düzeyine bağlı olarak sürecin farklı noktalarında başlayabilir.

İkincil ardıllığın yaygın bir örneği, meşe ve ceviz ormanlarında kontrol edilemeyen yangınlardan sonra gerçekleşir. Yanan bitkilerden ve hayvanlardan elde edilen besin öğeleri, bir yıllık ömrü olan bitkilerin büyümesi için uygun koşulları sağlar. Bunu kısa sürede öncü otlar izler. Birkaç yıl sonra, en azından kısmen öncü türlerden kaynaklanan çevre ve toprak değişiklikleri nedeniyle, çalılar ve meşe, çam ve ceviz ağaçları yetişmeye başlar. Ağaçlar büyüyüp alt florayı gölgede bırakınca otların yerini düşük Güneş ışığıyla varlığını sürdürebilen bitkiler alır ve 150 yıl kadar sonra orman tekrar yangın öncesi topluluğa benzer. ▪

> ... (a) Ormanların çayırların yerini aldığına ve (b) çayırların da ormanın yerini aldığına dair tartışmasız kanıtlar buldum.
>
> **Henry Allan Gleason**
> ***Amerikalı çevrebilimci***



TOPLULUK DOĞAR, BÜYÜR, OLGUNLAŞIR VE ÖLÜR

KLİMAKS TOPLULUK

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Frederic Clements
(1874–1945)

ÖNCE
1872 Alman botanikçi August Grisebach dünyanın bitki örtüsü örüntülerini iklime göre sınıflandırır.

1874 İngiliz filozof Herbert Spencer'a göre, insan popülasyonu dev bir organizma olarak düşünülebilir.

1899 BD'de Henry Cowles bitki örtüsünün evreler halinde, ardıllık denilen bir süreç dahilinde geliştiğini öne sürer.

SONRA
1926 ABD'li çevrebilimci Henry Gleason, klimaks bir topluluğun rastlantısal bir bireyler toplamı olduğunu savunur.

1939 İngiliz botanikçi Arthur Tansley tek bir klimaks topluluk değil, çeşitli faktörlere yanıt veren "poliklimakslar" bulunduğunu öne sürer.

Her bölgede bitkiler, **bir dizi ardıllıkla büyük ve gelişir.**

↓

Her evrede daha da **büyür**, daha da **karmaşıklaşır** ve **birbiriyle bağlantılı** hale gelirler.

↓

Sonunda **bitki örtüsü, iklimin** izin verdiği en karışık **bağlantılı biçimi alır.**

↓

Bir topluluk bu "klimaks"a ulaşınca, bitki örtüsü değişmeyi durdurur.

"Klimaks topluluk" terimini ilk kez 1916'da, Amerikalı botanikçi Frederic Clements öne sürdü. Bu terimi, ağaç kesimi gibi doğa dışı değişikliklere uğramamış ya da maruz kalmamış, doğal olarak istikrarlı bir bakir orman gibi kararlı bir duruma ulaşmış dayanıklı bir ekolojik topluluğu tarif etmek için kullandı.

Bölgesel topluluklar

19. yüzyılda Alman botanikçiler August Grisebach ve Oscar Drude, tüm dünyada bitki örtüsü örüntülerinin iklim varyasyonları gibi faktörleri yansıttığını fark eden ilk kişiler arasındaydı. Örneğin nemli, tropikal bir iklimde tipik bitki örtüsünün kuru, ılıman bir iklimdekinden çok farklı olduğu açıktı. Sonra 1899'da Amerikalı botanikçi Henry Cowles çok önemli bir bildiride, bitkilerin Michigan Gölü etrafındaki kumulları, evreler –ya da "ardıllıklar"– halinde, giderek artan büyüklükte ve karmaşıklıkta nasıl kolonileştirdiğini açıkladı.

Etkileyici kitabı *Plant Succession*'da (1916; *Bitki Ardıllığı*) Frederic Clements, iki Alman botanikçinin biyocoğrafya düşünceleriyle birleştirdiği Cowles'in düşüncesini

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Türlerin uzay ve zaman dağılımı 162–163 ▪ Ekolojik ardıllık 170–171 ▪ Açık topluluk teorisi 174–175 ▪ Ekolojik lonca 176–177 ▪ Biyomlar 206–209



Sonora Çölü, çoğu kez klimaks bir topluluğun örneği olarak görülür. Hem kış hem yaz yağmurları vardır; bu yüzden uzun saguaro kaktüslerini de içeren eşsiz bitkileri alışılmadık ölçüde yemyeşildir.

geliştirip doğal toplulukların gelişimine ilişkin bir teori üretti.

Clements dünyadaki bitki örtüsü örüntülerini anlamanın yolunun "formasyonlar" açısından düşünmek olduğunu ileri sürdü. Bir formasyon bölgesel iklimi yansıtan bir dizi yaşam formunun egemen olduğu büyük, doğal bir bitki topluluğudur. Her bölgede bitkiler, olası en karmaşık, gelişmiş bitki örtüsü biçimine ulaşıncaya kadar evrelerden ya da ardıllıklardan geçer. Sonunda bu, doruğa (klimaks) ulaşınca, topluluk, daha sonra adlandırıldığı şekliyle "kararlı durum"da istikrara kavuşur ve değişmeyi durdurur.

Clements ardından klimaks toplulukların birbirine bağlı olduklarını öne sürdü. Ekolojik bir topluluğun farklı gelişim evresinde çok sayıda bitkiden oluşmasına rağmen tek bir karmaşık organizma sayılabileceğini savundu. Bir topluluk tıpkı bir bireyin yaşam evrelerinden geçmesine benzer şekilde bir doruğa doğru gelişir. Clements bu düşünceyi, "belirli bir habitata alışkın tüm bitki ve hayvan türleri"ni içeren bir "biyom"daki tüm organizmaları kucaklayacak şekilde genişletti. Bundan, daha sonra bir "süper-organizma" olarak ekosistem düşüncesi çıktı.

> Clements'e göre iklimler genomlara benzer; bitki örtüsü de karakteristik özellikleri genomu tarafından belirlenen bir organizmaya benzer.
>
> **Christopher Elliott**
> ***Bilim felsefecisi***

Dalgalı bir süreç

Clements'in düşüncelerine başlangıçta itiraz edildi ama "kararlı durum" düşüncesi etkisini kanıtladı ve 1960'lara kadar ekosistemle ilgili düşüncelere egemen oldu. Ne var ki, bilim insanları, toplulukların koşullara tepki olarak durmadan değiştiğini ve gerçek bir klimaks topluluğu gözlemlemenin neredeyse olanaksız olduğunu fark etti. 1950'lerde ABD'li botanikçi Frank Egler böyle bir topluluğu saptayana 10.000 dolar ödül vereceğini duyurdu ama ödülü kimse alamadı. Zorluklarına rağmen çevrebilimciler, yerleşik bir yerli topluluğu rahatsız etmekle tehdit eden istilacı türlere nasıl tepki verildiğini belirlemek için klimaks topluluk teorisini kullanmaya devam etti ve son onyıllarda Clements'in düşünceleri yeniden destek gördü.

Ardıllık, ekolojinin çekirdek bir ilkesi olmaya devam ediyor. Genel olarak ilk ardıllık evreleri, yerlerini daha rekabetçi türlerin alacağı, hızlı büyüyen ve iyi yayılan türlerden oluşur. Başlangıçta çevrebilimciler ekosistemin istikrarlı bir denge durumuna ulaştığı klimaks evrede ekolojik ardıllığın son bulduğunu düşünüyorlardı. Ama şimdi ekolojik ardıllığın sürekli akış halinde dinamik bir süreç olduğu kabul edilmektedir. ■



BİR BİRLİK BİR ORGANİZMA DEĞİL, BİR ÖRTÜŞMEDİR

AÇIK TOPLULUK TEORİSİ

Bitkiler **bireysel ihtiyaçlarına** göre büyür.

→ Bitkiler arasında **tümleşik gelişmeye ilişkin hiçbir kanıt** yoktur.

→ **Rasgele yetişirler,** yalnızca çevresel koşullardan etkilenirler.

→ **Ekolojik bir topluluk bir organizma değildir.**

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Henry Allan Gleason (1882–1975)

ÖNCE
1793 Alexander von Humboldt belirli bir habitatta bitki tipleri yelpazesini özetlemek için "birlik" sözcüğünü kullanır.

1899 ABD'de Henry Cowles, bitki örtüsünün, bitki ardıllığı dediği bir süreçle evreler halinde geliştiğini ifade eder.

1916 Frederic Clements tek bir organizma olarak klimaks topluluk düşüncesini ortaya atar.

SONRA
1935 ur Tansley "ekosistem" terimini türetir.

1947 Robert H. Whittaker, Clements'in bitki topluluklarına ilişkin holistik düşüncesini çürüten saha çalışmalarına başlar.

1959 John Curtis çayır bitkisi topluluklarına ilişkin sayısal araştırmalarla Henry Gleason'ın şöhretini destekler.

Amerikalı bitki çevrebilimcisi Frederic Clements 1916'da klimaks topluluklar düşüncesini öne sürerken topluluğu bütün bitkilerin ve hayvanların etkileşip topluluğu geliştirdiği bir süper-organizma olarak tahayyül etti. Bir yıl sonra Amerikalı bitki çevrebilimcisi Henry Gleason bu düşünceyi reddetti; bitki türlerinin ortak bir amacının olmadığını, yalnızca bireysel ihtiyaçlarının peşinden gittiklerini savundu. Gleason'ın hipotezi "açık topluluk" teorisi olarak bilinir hale geldi. Anlaşmazlık, bugün ekoloji çevrelerinde hâlâ devam eden bir tartışmayı başlattı. Gleason bitki topluluklarının haritasının çıkarılabilir ve etkileşimlerinin tanımlanabilir olduğunu inkâr etmiyor ama Clements'in önerdiği bütünleşmeye dair bir şey de göremiyordu. Onun yerine Gleason bitki gruplarının rasgele büyüyen bireyler ve türler olduğuna, yerel koşullara yanıt verdiklerine inanıyordu.

Bireysel ihtiyaçlar

Gleason bitki ardıllığı sırasında bir topluluğun kompozisyonu evrilirken gerçekleşen değişikliklerin tek bir organizmanın gelişiminde olduğu gibi tümleşik evreler olmadığını iddia etti. Aksine bunlar bir bölgede kendi ihtiyaçlarını karşılamaya çalışırken bireysel türlerin tepkilerinin bir bileşimidir. "Her bitki türü," diyordu Gleason, "kendi başına bir yasadır." Gleason bir son nokta ya da klimaks bir topluluk olduğu görü-

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Türlerin uzay ve zaman dağılımı 162–163 ▪ Ekolojik ardıllık 170–171 ▪ Klimaks topluluk 172–173 ▪ Ekolojik lonca 176–177 ▪ Biyomlar 206–209



Amerikankestanesi küfü gibi hastalıklar, tamamen tümleşik bir klimaks topluluk düşüncesine meydan okur çünkü egemen ağaç türlerinin kaybolması tüm ekosistemin çökmesine neden olur.

günü de reddetti; toplulukların her zaman değiştiğine inanıyordu.

Değişen kanılar

Gleason'ın Clements'le tartışması o sırada epeyce heyecan yarattı. Clements doğal bitki örtüsü örüntülerinin, tıpkı Newtoncu bilimde karşı konulmaz yasaların gezegenlerin hareketini belirlemesi gibi, net kurallarca belirlendiği bir manzara yaratıyor gibiydi. Clements ve destekçileri daha büyük resme bakabilirken Gleason ayrıntılara kafayı takan ve yasaların kontrol ettiği bir bilim olarak ekoloji düşüncesine meydan okuyan bir indirgemeci olarak görüldü.

Gleason doğada örüntü olmadığını, her şeyin rasgele olduğunu söylüyor gibiydi. Daha da kötüsü, düşünceleri insanın doğal çevrenin dengesini bozmaya –denge olmadığı için– aldırmaması gerektiğini ima ediyor gibi göründüğünden bazıları tarafından sömürücü çiftçiliği haklı çıkarmakla suçlandı. Bu nedenle Gleason'ın düşünceleri, bir bilim olarak ekolojinin gelişiminden duyulan coşku içinde unutuldu. O kadar hayal kırıklığına uğradı ki, 1930'larda holizm, etkileşimli "ekosistem" düşüncesiyle desteklenince ekolojiyi bıraktı.

Yine de çevrebilimciler dünyayı incelemeye devam ettikçe Clements'in teorisinde giderek daha fazla kusur buldu. 1950'lerde Amerikalı bitki çevrebilimcileri Robert H. Whittaker ve John Curtis holistik teorinin net birimleri olarak toplulukları saptamanın ne kadar olanaksız, gerçek dünyanınsa daha ince ayrıntılara sahip ve karmaşık olduğunu gösterdiler. Konu alandaki ekosistemleri incelemeye gelince, Gleason'ın düşünceleri daha uygun gibi görünüyor. Sonraki onyıllarda çevreciler holistik düşünceleri savunmaya devam ederken çevrebilimciler Gleason'ın kavramlarını çalışmalarına giderek daha fazla dahil etti. Şimdi ise 20. yüzyıl ekolojisinin en anlamlı figürlerinden biri sayılmaktadır. ■

Henry Allan Gleason

1882'de doğan Henry Gleason, Illinois Üniversitesinde biyoloji okudu. Fakülte görevleri üstlendi ve Illinois'de Sand Ridge Eyalet Ormanında ilk ekolojik araştırmayı yürüttü. 1920'lerde Gleason'ın bireyci –holistik değil– bitki toplulukları teorisi çevrebilimcilerden kabul görmedi. Bu durum, Gleason'ın 1930'larda ekolojiyi terk etmesine yol açtı. Uzun süre New York Botanik Bahçesinde görev yaptı ve bitki sınıflandırması üzerine çalışmalarıyla ünlendi. Botanikçi Arthur Cronquist ile birlikte Kuzeydoğu ABD'nin bitkileriyle ilgili bir rehber hazırladı. 1950'de emekliye ayrıldı ama yazmaya ve araştırmaya devam etti. 1975'te öldü.

Önemli eserleri

1922 "On the Relation between Species and Area"
1926 "The Individualistic Concept of the Plant Association"



ÇEVRELERİNİ BENZER BİÇİMDE KULLANAN BİR GRUP TÜR

EKOLOJİK LONCA

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Richard B. Root (1936–2013)

ÖNCE
1793 Alexander von Humboldt belirli bir habitattaki bitki tipleri karışımını tarif etmek için "birlik" sözcüğünü kullanır

1917 ABD'de Joseph Grinnell bir türün kendi çevresine ne kadar uygun olduğunu tarif etmek için "niş" terimini türetir.

1935 İngiliz botanikçi Arthur Tansley ekosistemleri ¬– tümleşik biyotik toplulukları– ekolojinin temel birimleri olarak tanımlar.

SONRA
1989 ABD'de James MacMahon ekolojik lonca üyelerinin nasıl kaynak kullandıklarının önemli olmadığını öne sürer.

2001 Arjantinli çevrebilimciler Sandra Diaz ve Marcelo Cabido çevreleri üzerinde benzer bir etki bırakan türleri gruplandırmayı önerir.

Çevrebilimciler bir topluluktaki türlerin kaynakları kullanmak için nasıl etkileştiklerini uzun süre anlamaya çalıştı. Bu etkileşimi açıklamanın anahtar kavramlarından biri, ilk kez 1967'de Amerikalı biyolog ve çevrebilimci Richard B. Root'un geliştirdiği lonca düşüncesidir.

Root kendi doktora tezi için mavi-gri sinekkapan kuşunun ekolojik nişini nasıl kullandığını araştırmıştı. Ekolojik niş kavramı 1917'ye kadar geri gider; Amerikalı biyolog Joseph Grinnell, Califomia harmancı kuşunun kuru, çalılık çevresine nasıl uyum sağladığını açıklamak için bu terimi kullanmıştı. Harmancı kuşunun "nişi", kendi habitatının uyarlandığı yanlarını açıklar.

Root mavi-gri sinekkapanın meşe yapraklarında yaşayan böceklerle beslendiğini gözlemledi. Mide içeriğini özenle analiz ederek diğer

Mavi-gri sinekkapan, meşe ağaçlarında yaşayan böcekleri yiyen küçük bir kuş loncasının üyesidir. Hutton vireosu ve meşe baştankarası loncanın diğer üyeleri arasındadır.



Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Optimal toplayıcılık teorisi 66–67 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Açık topluluk teorisi 174–175 ▪ Niş inşası 188–189 ▪ Meta-topluluklar 190–193

birçok kuşun da meşe yaprağı böcekleri tükettiğini gösterdi ve meşe yapraklarından beslenen bu kuşların aynı kaynağı kullandıkları için bir "lonca" –"meşe yaprağı toplayıcıları loncası"– olarak gruplandırılabileceğini öne sürdü.

Paylaşılan kaynaklar

Root bir loncayı, "aynı çevresel kaynak sınıfını benzer bir biçimde kullanan" bir grup tür olarak tanımladı. Bir loncadaki türlerin akraba olup olmaması önemli değildir – önemli olan, çevrelerini nasıl kullandıklarıdır. Aynı nişi paylaşmaları bile gerekmez; yalnızca aynı kaynağı kullanmaları gerekir. Paylaştıkları başka bir kaynak daha olsa da loncalar tipik olarak ortak sahip oldukları besin kaynağına göre tanımlanırlar. Aynı kaynağı paylaşmak, lonca üyelerinin çoğu kez birbiriyle rekabet etmesi anlamına gelir ama sürekli rekabet içinde olmaları zorunlu değildir. Örneğin, aynı besin için rekabet edebilirler ama başka durumlarda yırtıcılarla başa çıkmak için işbirliği yapabilirler.

> ... belirli bir böcek türünün bir kuş gagası yerine bir örümcek ağıyla yakalanması önemli midir?
>
> **Charles Hawkins ve James MacMahon**

Farklı türler **aynı kaynağı kullanabilir.** → Bu türleri **ortak kaynakları** birbirine **bağlar.** → **Bir kaynağı paylaşan türler bir lonca şeklinde gruplandırılabilir.**

Lonca kavramı, ekosistemlerde organizmalar arasındaki bağlantıları düşünmede büyük bir atılımdı. Teori, bir ekosistemin tüm işleyişi içindeki tüm loncalar saptanarak anlaşılabileceğini ima etmekteydi. Bunu saptamak, potansiyel olarak büyük bir iş olsa da çevrebilimciler, türler arasındaki bağları doğrulayan daha fazla lonca saptamayı başardı. Örneğin Kuzey Amerika kuşları toplayıcılar, kazıcılar, işportacılar, hava avcıları ve çöpçüler loncası şeklinde gruplandırılabilir.

Geniş birlikler

Lonca saptama yarışında, terimin tam olarak ne anlama geldiği konusunda bir kafa karışıklığı vardı. 1980'lerde Amerikalı çevrebilimciler Charles Hawkins ve James MacMahon terimi yeniden tanımlama ihtiyacı duydu. Root'un ilk tanımından "benzer bir biçimde" sözcüklerinin çıkarılmasını savundular. Bir organizmanın bir ağaç yaprağını yuva yapmak için mi, yoksa yemek için mi kopardığının önemli olmadığını savundular. Önemli olan, ağaç yaprağı kaynağıdır, kaynağın nasıl kullanıldığı değil. Öyle ya da böyle, yaprak kullananlar aynı kaynağı kullandıkları için ortak bir locaya mensuptur. ■

Richard B. Root

Amerikalı biyolog ve çevrebilimci Richard Root 1936'da, Michigan, Dearborn'da doğdu. Bir çiftlikte doğayı araştırarak ve "ağaçların nasıl çalıştığını" öğrenme özlemiyle büyüdü. Michigan Üniversitesinde doktorasını tamamladığı sırada Root zaten bilgili bir çevrebilimciydi. 1967'de mavi-gri sinekkapanlar üzerine yazdığı ve lonca kavramını tanıttığı tezi ününü perçinledi. Root, Cornell Üniversitesinin kadrosuna katılmaya davet edildi; orada biyoloji ve ekoloji dersleri verdi. Eklembacaklılar (böcekleri ve örümceğimsileri içeren büyük bir omurgasızlar grubu) ile altınbaşak çiçekleri arasındaki ilişkiyi araştırdı. Root meslek yaşamı boyunca, Amerika Ekoloji Derneğinin 2003'te Seçkin Çevrebilimci ödülü ve 2004'te Odum ödülü dahil birçok ödül aldı.

Önemli eseri

1967 "The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher"

YURTTAŞ AĞI GÖNÜLLÜLERE DAYANIR

YURTTAŞ BİLİMİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Fred Urquhart (1911–2002),
Norah Urquhart (1918–2009)

ÖNCE
1883 ABD'de Kuş Göçünü ve Dağılımını kaydetme programı başlar.

1966 Gönüllülerin yürüttüğü Kuzey Amerika Üreyen Kuşlar Araştırması Maryland'de başlar.

SONRA
2007 Küresel Biyolojik Çeşitlilik Bilgi Kolaylığı (GBIF), bitkiler ve hayvanlar konusunda sivil bilim insanlarından ve profesyonellerden veri toplamak için küresel bir çevrimiçi portalı faaliyete sokar.

2010 2002'de ABD'de Cornell Ornitoloji Laboratuvarının gönüllülerin gerçek zamanlı kuş gözlemlerini bildirmeleri için yarattığı çevrimiçi eBird projesi küresel bir araştırma haline gelir.

> Kelebekler – milyonlarcası...
> bu Meksika dağ yamacını parlak bir halı gibi kaplar.
> **Fred Urqhuart**

Kuzey Amerika göç yolları



Kuzey Amerika'da göçmen kuşların, uçuş yolları diye anılan kullandıkları yollar dört kuzey-güney kuşağına bölünebilir – Pasifik, Orta, Mississippi ve Atlantik kuşakları. İlkbaharda kuzeye, sonbaharda güneye uçuşları sırasında yol boyunca beslenmek ya da yuva yapmak için dururken kuşları kaydetmede yurttaş bilim insanları anahtar bir rol oynayabilir.

Yurttaş bilimi, profesyonel olmayan bireylerin, ekiplerin ya da ağların profesyonel bilim insanlarıyla birlikte gerçekleştirdiği araştırmalara ve gözlemlere denir. Bilim topluluğunun bir bütün olarak toplumun çevresel kaygılarına duyarlı olması gerektiği değerlendirmesine ve yurttaşların daha fazla bilimsel bilgiye yol açan güvenilir bilimsel kanıt üretebileceği anlayışına dayanır. Sıradan insanların dahil olması, araştırma topluluklarının, başka türlü yürütülmesi pahalı ve zaman alan projeleri başarıyla tamamlamasına olanak verir.

İlk meraklılar

"Yurttaş bilimi" terimi görece yenidir, 1980'lere dayanır ama doğal dünyayı gözlemlemek ve veri kaydetmek için halkı kullanma pratiğinin ve kavramının uzun bir şeceresi vardır. 1870'lerde Almanya ve İskoçya'da küçük ornitolog grupları, kuşların sonbahar göçlerine ilişkin raporlar toplamaya başladı; İskoç meraklılar, kıyıdaki deniz fenerlerini gözlem yeri olarak kullandı. Sonra 1880'lerin başında göçmen Kuzey Amerika kuşlarının geliş tarihlerini göstermek ve göç yollarının kanıtlarını sunmak için bir proje başlatan Amerikalı ornitolog Wells Cooke kolektif gözlem düşüncesini ulusal ölçeğe genişletti. Wells'in projesi II. Dünya Savaşına kadar sürdü, 800'den fazla kuş türüyle ilgili 6 milyon veri kartı topladı ve 3.000 gönüllü kullandı. 2009'da Kuzey Amerika Kuş Fenolojisi Programı, kuşların küresel iklim değişikliği nedeniyle değişen göç tarihleri ve rotları hakkında değerli kanıtlar sağlayan kartlardaki verileri dijitalleştirmeye başladı.

Dünyanın en uzun soluklu yurttaş bilimi araştırması her yıl ABD'de yapılan Noel Kuş Sayımıdır (Christmas Bird Count –CBC). 19. yüzyılda ABD'nin birçok kırsal yöresinde, yenmeye uygun olsun ya da olmasın, Noel kuş "avları" popüler bir eğlenceydi. 1900'de adını Amerikalı ornitolog ve ressam John James Audobun'dan alan Audubon

Ayrıca bkz: Doğanın tüm organizmalarını tanımlamak için bir sistem 86–87 ▪ Büyük Ekoloji 153 ▪ Türlerin uzay ve zaman dağılımı 162–163

Derneğinin yetkililerinden Frank Chapman, kuşları vurmak yerine saymayı önerdi. 27 kuş gözlemcisini ilk etkinliğe katılmaya ikna etti ve ondan sonra sayı her yıl arttı. 2016-17'de 73.153 gözlemci Kuzey ve Latin Amerika'da, Pasifik'te ve Karayipler'de 2536 farklı yerden sayımlar sundu. Kuşların dağılımı ve sayısıyla ilgili veriler çevrebilimcilere büyük bir veri kümesi sağladı, zaman içinde ve habitatlar arasında karşılaştırma yapmaya olanak verdi.

Kral kelebeğin peşinde

Herhalde yurttaş biliminin en şöhretli hareketi göçmen kral kelebeğin kışın nereye gittiğinin sırrını çözmeye koyulmasıydı. 1952'de Kanadalı bir çift uzun süredir kelebeklere merak saran zoolog Fred ve Norah Urquhart sonbaharda ABD'nin kuzey eyaletlerinden ve Güney Kanada'dan yola çıktıktan sonra kelebeğin yolculuğunun nerede bittiğini bulma çabasıyla bir etiketleme planı hazırladı. Kelebek kanatlarını etiketlemeye katkıda bulunmaları ve gördüklerini rapor etmeleri için küçük bir "yurttaş bilim insanı" grubunun yardımını aldılar. Bir düzine kadar yardımcıyla yola çıkan Böcek Göçü Derneği yıllarca sebat edip yüz binlerce kelebeği "Toronto Üniversitesi, Zoolojiye Gönder" mesajıyla etiketleyen yüzlerce gönüllüye ulaştı.

Urquhartların üstün çabalarına rağmen izler Texas'ta kayboldu. Sonunda 2 Ocak 1975'te iki amatör doğabilimci, Ken Brugger ve Catalina Aguado, Mexico City'nin kuzeyindeki dağ ormanında kelebeklerin kışlama yerini keşfetti. Ne var ki, hiçbir etiketli kral kelebeği bulunmadı ve ancak ertesi ocak ayında Uquhartlar etiketli birini buldu – geçen ağustosta Minnesota'da iki ilkokul öğrencisi tarafından etiketlenen. Yurttaş



Paklarda ve bahçelerde "yurttaş bilim insanlarının" yaptığı ve kaydettiği kuş gözlemleri, çevrebilimcilere, saka kuşu gibi birçok tür konusunda yaşamsal veri sağlayabilir.



Fred ve Norah Urquhart

1911'de doğan Fred Urquhart, Kanada'da Toronto'ya yakın bir demiryolu hattına yakın büyüdü ve yumurtalarını demiryoluna yakın bırakan kral kelebeklere merak sardı. 1937'de Toronto Üniversitesinden biyoloji dalında lisans ve yüksek lisans diplomasıyla mezun olduktan sonra Urquhart kelebekleri araştırmaya başladı. II. Dünya Savaşı sırasında pilotlara meteoroloji dersleri verdikten sonra zooloji dersleri vermek üzere üniversiteye geri döndü ve kral kelebeğin kış yuvasını bulma arayışına katılan başka bir Toronto Üniversitesi mezunu Norah Roden Patterson'la evlendi. Fred Urquhart, Ontaria Kraliyet Müzesinde Zooloji ve Paleontoloji Müdürü ve Böcek Küratörü olarak da çalıştı. 1998'de Fred ve Norah Urquhart ülkelerinin en yüksek sivil ödülüyle, Kanada Nişanıyla ödüllendirildi.

Önemli eserleri

1960 *The Monarch Butterfly*
1987 *The Monarch Butterfly: International Traveller*



Kral kelebekler göç sırasında sıcak kalmak için bir salkım oluşturur. Gönüllülerin yaptığı etiketleme, kral kelebeğin göç yollarını açığa çıkardı ve yıllık "Kral İzleme"yle devam ediyor.

bilimi kelebeklerin Kuzey Amerika'dan Meksika'ya göçtüğünün somut kanıtlarını sağlamıştı. Artık milyonlarca kral kelebeğin kışı nerede geçirdiği biliniyor, şimdi, her ilkbaharda ve sonbaharda hareketlerini izlemeye ağırlık verildi. Meksika'da, ABD'de ve Kanada'da binlerce insan kral kelebeğin hangi yolları izlediğinin ve değişen hava koşullarıyla nasıl başa çıktığının daha net bir resmini yapmaya yardım ediyor.

Yurttaşlar yürüyor

1960'larda ve 1970'lerde, Kuzey Amerika Üreyen Kuş Araştırması, İngiliz Yuva Kayıtları Kartı Projesi ve Japonya'da, yumurtlayan deniz kaplumbağalarına ilişkin bir araştırma gibi daha fazla gönüllü-temelli proje başlatıldı. 1979'da Royal Society for the Protection of Birds (RSPB; Kraliyet Kuşları Koruma Derneği) İngiltere'de insanların evlerinden ayrılmasını bile gerektirmeyen, yalnızca bahçelerinde, avlularında ya da sokaklarında gördüklerini kaydetmelerini gerektiren Big Garden Birdwatch (Büyük Bahçe Kuş Gözlemciliği) projesini başlattı. 2018'de 500.000'den fazla insan projeye katılıp 7 milyon kuş kaydediyordu. Toplanan çok büyük miktarda veri, geriye doğru 1979'a kadar her yıl için karşılaştırılabiliyor. Halk desteği olmasaydı bu olanaksızdı.

> Bilime, paragöz teknik bürokratlar yerine bir amatörlük egemen olmalıdır.
> Erwin Chargaff,
>
> **Erwin Chargaff**
> ***Macaristanlı biyokimyacı***

1989'da "yurttaş bilimi" terimi ilk kez basılı olarak *American Birds* dergisinde yer aldı. Asit derecesi için yağmur örneği toplayan Audubon Derneğinin desteklediği bir gönüllü projesini tarif etmek için kullanıldı. Bu projenin amacı, ırmaklarda ve göllerde balıkları ve omurgasızları ve dolaylı olarak onlarla beslenen kuşları öldüren asitleşme konusundaki farkındalığı artırmaktı. Aynı zamanda, çok geçmeden 1990 Temiz Hava Yasasını yürürlüğe koyan ABD hükümeti üzerinde baskı yaratmak için de tasarlandı.

Yurttaş bilimi denizlerin korunması açısından da değerini kanıtladı. 2012'de yayımlanan Bahama Adalarındaki, büyük bir deniz salyangozu olan devkulağı sayısındaki azalmayla ilgili bir rapor, "Devkulağı koruma" kampanyasının yerel insanları devkulaklarını etiketlemeye teşvik eden bir kampanyanın oluşmasına yol açtı. 2010'da ABD'de Georgia Üniversitesinde hazırlanan başka bir proje, okyanustaki döküntü görüntülerini kaydetmek için bir uygulamayı, Deniz

Döküntüsü Takip Cihazı uygulamasını kullanır. Dünya denizlerinde biriken çöplerin dağılımını anlamak bilim insanlarının, çöpün akıntılarla nasıl taşındığını ve maksimum sonuç elde etmek için çöp temizleme çabalarının nereye yoğunlaşması gerektiğini saptamalarına yardımcı olur.

Yeni teknolojinin gelişi, yurttaş bilimi projelerinin çoğalmasına yol açtı. Çevrimiçi kayıt sistemleriyle, insanlar geyikböceklerinden kır çiçeklerine ya da göçmen kuşlara kadar her şeyin görüntüsünü kaydedebilir. Örneğin İngiltere'de Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Ağının yarattığı Greenspace Information for Greater London (GiGL; Büyük Londra İçin Yeşil Alan Bilgisi) web sitesi, insanların kayıtları çevrimiçi ya da telefonla sunmalarına, türleri ve habitatları korumaya çalışan bilim insanlarının kullandığı veri tabanına katkıda bulunmalarına olanak verir.

Sınırlılıklar ve potansiyel

Bazı ekoloji araştırma projeleri, yüksek derecede beceri ya da çok karmaşık ve pahalı teknoloji gerektirdiği için eğitimsiz amatörleri aşar. Bilimsel yöntemlere aşina olmayan insanlar, tanımlanamayan bir türün ihmal edilmesi gibi, kayıtlara önyargı sokabilirler.

Bununla birlikte basit yurttaş bilimi görevlerinin çoğu hiç eğitim gerektirmez ve bazı diğer daha karmaşık prosedürler temel bir eğitimden sonra ele alınabilir. İnsanlar genellikle tam da bu süreç içinde beceriler kazandıkları için yurttaş bilimini cazip bulur. Dünyanın doğal ortam ve kaynakları üzerinde artan baskı, türlerdeki, türlerin habitatlarındaki ve daha geniş ekosistemlerdeki var olmaları, yok olmaları ve değişimi kaydeden verilere daha da büyük bir ihtiyaç yaratır. Dünyanın en büyük yurttaş bilimi platformu Zooniverse gibi projeler, dünya çapında 1,7 milyon gönüllüden veri toplayarak bu ihtiyacı gidermeye yardımcı olur. Bu tür projeler gelecek yıllarda çevre koruma örgütleri, araştırma kurumları, hükümet dışı kuruluşlar ve hükümetler için paha biçilmez bir kaynak olacaktır. ■



ABD'nin Montana eyaletinde in Siyeh geçidinde genç gönüllüler, Buzul Milli Parkındaki yüksek ülke yurttaş bilimi projesi için dağkeçilerinin görüntülerini kaydediyor.

Bilimsel incelemeler çoğu kez **büyük miktarda veri derlemelerine** dayanır.

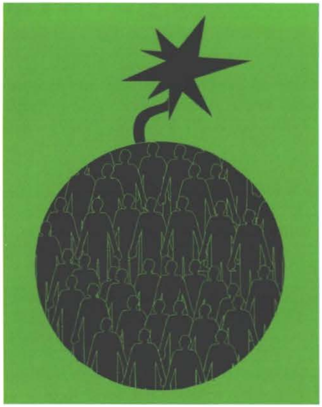
Gönüllü ağları çoğu kez **çok geniş alanlardan** büyük miktarda **veri toplayabilir.**

Veriler ne kadar çok olursa **sonuçlar gerçekliği** o kadar çok **yansıtır.**

Yurttaş ağı gönüllülere dayanır.

Resmin tamamını yapmak

Yurttaş bilim insanları, canlı organizma olaylarıyla ilgili en büyük küresel veri sağlayıcılardır. Veri sunmak her zamankinden daha kolaydır ve yapay zekâ algoritmaları, daha önce işlenmesi haftalar süren verileri dakikalar içinde işleyebilir. Örneğin, bir kişi bir bahçe yemliğine gelen kuşların görüntülerini kaydeder ve Cornell Üniversitesinin eBird web sitesine telefonla gönderirse bu bilgi, popülasyon sayısı ve göç yolları gibi faktörlerle ilgili daha önce toplanan verilerle karşılaştırılır. Dünyanın her yerinden 390.000'den fazla insan yaklaşık 5 milyon noktadan eBird'e milyonlarca kuş görüntüsü sundu. Bu veriler bitkiler, hayvanlar, mantarlar ve bakterilerle ilgili bilgi toplayan Küresel Biyolojik-çeşitlilik Bilgi Tesisine (Global Biodiversity Information Facility –GBIF; Danimarka'da koordine edilir) aktarılır. GBIF şimdi, 1 milyardan fazla gözlem içermekte ve sayı günden güne artmaktadır.



ÜREME HIZI YÜKSELİNCE POPÜLASYON DİNAMİKLERİ KAOTİKLEŞİR

KAOTİK POPÜLASYON DEĞİŞİMİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞ
Robert May (1936–)

ÖNCE
1798 Thomas Malthus insan nüfusunun hep daha hızlı artıp kaçınılmaz olarak sıkıntıya neden olacağını savunur.

1845 Belçikalı demograf Pierre-François Verhulst nüfus artışıyla birlikte nüfus kontrollerinin de artacağını savunur.

SONRA
1987 New York'ta bir araştırma ekibi, Per Bak, Chao Tang ve Kurt Wiesenfeld, "kendi kendine teşekkül eden kritik durum"u –bir sistemin içinde kendiliğinden etkileşip değişim üreten öğeler– açıklar.

2014 Japon çevrebilimci George Sugihari, Kanada'nın Fraser Irmağındaki somon sayılarına ilişkin daha doğru bir tahmin üretmek için ampirik dinamik modelleme denilen bir kaos teorisi yaklaşımı kullanır.

Kaos teorisi –öngörülerin zamanla ve davranışların doğrusal olmayan doğasıyla sınırlı olduğunu öne süren düşünce– 1960'larda yerleşti. Amerikalı meteorolog Edward Lorenz hava durumu örüntülerinde etkiyi gözlemledi ve 1961'de açıkladı. O zamandan beri teori, popülasyon dinamikleri de dahil, birçok bilime uygulandı.

> Kaos: Şimdinin geleceği belirlediği, ama takribi şimdinin geleceği takriben belirlemediği zaman.
> **Edward Lorenz**

Kaotik popülasyonlar

1970'lerde Avustralyalı bilim insanı Robert May hayvan popülasyonu dinamiklerine merak sardı ve zaman içinde artışı ve azalmayı öngörmek için bir model üzerinde çalıştı. Bu onu lojistik denkleme götürdü. Belçikalı matematikçi Pierre-François Verhulst'un geliştirdiği bu denklem, bir grafikte S-şeklinde bir eğri üretir – önce yavaş, sonra hazlı arttıktan sonra bir denge durumuna ulaşan nüfusu gösterir.

May popülasyon eğilimlerini bir grafikle gösteren "lojistik haritayı" yaratmak için Verhulst'un formülünü denedi. May lojistik denklemin en düşük büyüme oranlarında öngörülebilir örüntüler yaratmasına rağmen büyüme oranı 3,9'a eşit ya da üstünde olunca yanlış sonuçlar ürettiğini gördü. Harita, tekrarlayan örüntüler üretmek yerine, tamamen rasgele gibi görünen yörüngeler çizdi. May'in çalışması basit, sabit bir denklemin nasıl kaotik bir davranış üretebildiğni gösterdi. Bugün demograflar popülasyon artışını izlemek ve öngörmek için onun lojistik haritasını kullanıyor. ■

Ayrıca bkz: Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Yırtıcıların, avları üzerindeki tüketici olmayan etkileri 76–77 ▪ Verhulst denklemi 164–165 ▪ Meta-popülasyonlar 186–187



BÜYÜK RESMİ GÖRMEK İÇİN UZAKTAN BAK

MAKRO-EKOLOJİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
James H. Brown (1942–)

ÖNCE
1920 İsveçli çevrebilimci Olof Arrhenius alan ile tür çeşitliliği arasındaki ilişki için matematiksel bir formül üretir.

1964 İngiliz entomolog C.B. Williams *Patterns in the Balance of Nature* kitabında tür bolluğu, dağılımı ve çeşitliliği örüntülerini belgeler.

SONRA
2002 İngiliz çevrebilimciler Tim Blackburn ve Kevin Gaston –bazılarının aksine– makro-ekolojinin biyocoğrafyadan ayrı bir disiplin olarak ele alınması gerektiğini savunur.

2018 Bir bilim insanı ekibi, adalarda yaşayan kuş türlerinin anakaradaki akrabalarına göre daha büyük beyinleri olduğunu göstermek için pratik makro-ekolojik yöntemler kullanır.

Bitki ve hayvan popülasyonlarına yönelik birçok tehdidi analiz etmenin ve karşı koymanın daha hızlı yollarını arayan bilim insanları giderek daha faza makro-ekolojiye yöneliyor. Amerikalı çevrebilimciler James Brown ve Brian Maurer'in 1989'da türettiği terim bolluk, çeşitilik, dağılım ve değişim örüntülerini açıklamak için geniş alanlarda organizmalar ile çevreleri arasındaki ilişkileri inceleyen araştırmaları tarif eder.

Brown 1970'lerde, California'da ve Utah'ta Büyük Havza'nın 19 yalıtık sırtında küresel ısınmanın soğuk, nemli orman ve çayır habitatlarda yaşayan türler üzerindeki potansiyel etkilerini incelerken, bu yöntemi denedi ve test etti. Yeterince veri toplamak için yıllarca yeni saha çalışması yapmak gerektiğini anladı. Bunun üzerine, var olan bulguları kullanıp yeni sonuçlar çıkardı. Önce varsayılan bir sıcaklık artışıyla sırt-tepesindeki habitat alanında ne kadar daralmanın gerçekleşeceğini öngördü. Her bir küçük memeli türü popülasyonunu geçindirmek için gerekli minimum alanla ilgili bilinen verileri kallanan Brown, sıcaklık arttıkça her bir sırttaki soy tükenme riskini otaya çıkarıp koruma önceliklerini gösterebildi.

Saha çalışmasını güçlendirme

Makro-ekoloji çoğu kez saha çalışmasını tamamlar ve şaşırtıcı keşiflere yol açabilir. Madagaskar'da bukalemun türleri için modeller geliştirmek ve onları bilinen menzillerinin ötesindeki alanlarda tahmin etmek için uydu verileri kullanıldı. Sonuç olarak, bu alanları araştıran bilim insanları birkaç yeni kardeş tür buldu. ■



Makro-çevrebilimciler, dünyanın her tarafında çöllerde yapılan topluluk araştırmalarını karşılaştırarak bu şerit kuyruklu keseli fare gibi çöl türlerine yönelik en büyük tehditleri belirleyebilir.

Ayrıca bkz: Saha deneyleri 54–55 ▪ Hayvan ekolo 106–113 ▪ Ada biyocoğrafyası 144–149 ▪ Büyük Ekoloji 153 ▪ Tehlike altındaki habitatlar 236–239



POPÜLASYONLAR POPÜLASYONU

META-POPÜLASYONLAR

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Ilkka Hanski (1953–2016)

ÖNCE
1931 ABD'de genetikbilimci Sewall Wright genetik faktörlerin tür popülasyonları üzerindeki etkisini araştırır.

1933 Avustralya'da çevrebilimci Alexander Nicholson ve fizikçi Victor Bailey konak-parazit ilişkisini açıklamak için kendi nüfus dinamikleri modelini geliştirir.

1954 *The Distribution and Abundance of Animals* kitabında Avustralyalı çevrebilimciler Herbert Andrewartha ve Charles Birch tür popülasyonlarının tek başına yoğunluk tarafından kontrol edildiği düşünesine itiraz eder.

SONRA
2007 Amerikalı çevrebilimci James Petranka meta-popülasyon teorisini amfibilerin metamorfoz evreleriyle ilişkilendirir.

Bir habitat parçasında **bir türün soyu tükenir.**

Bir **tür, boş** bir habitat parçasını **kolonileştirir.**

Soy tükenmesi ve kolonileştirme dinamik süreçlerdir.

Yerel bir soy tükenmesi türün soyunun tükendiğine işaret etmez.

Meta-popülasyon, aynı türün ayrı, yerel popülasyonlarının bileşimidir. Terimi 1969'da Amerikalı çevrebilimci Richard Levins tarlalarda zararlı böcek popülasyonlarının nasıl yükseldiğini ve düşdüğünü açıklamak için türetti. O zamandan beri terimin kullanım alanı hem karada hem denizde parçalı habitatlarda yerel popülasyonlara ayrılmış türleri kapsayacak şekilde genişledi.

Örneğin, belirli bir kuş türü bir ova ormanında, dağ ormanlarında ve diğer çeşitli yerlerde ayrı popülasyonlarda bulunabilir. Tür, üyeleri farklı kentlere göçmüş ama hâlâ akraba olan bir aileye benzer. Birçok popülasyonun birleşik etkisi türün uzun süre hayatta kalmasına destek olabilir.

Ayrı ama birlikte

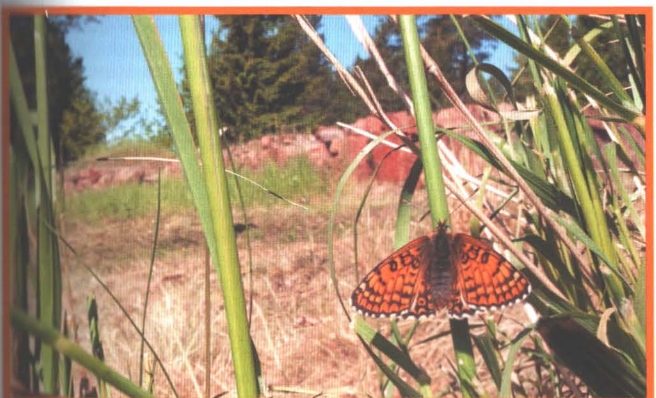
Meta-popülasyon teorisinin can alıcı bir yanı, ayrı yerel popülasyonlar arasındaki etkileşim düzeyidir. Düzey yüksekse bir meta-popülasyon sayılmaz – bütün yerel gruplar, büyük bir popülasyonun parçasıdır. Bir meta-popülasyonda çeşitli yerel gruplar arasında temas sınırlıdır ve kendi yerel habitatlarında ya da

Ayrıca bkz: Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Kuluçka kontrolü 114–115 ▪ Ada biyocoğrafyası 144–149 ▪ Meta-topluluklar 190–193

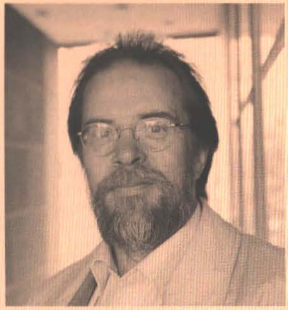
"arazi"lerinde kısmen mahsur kalırlar. Yine de en azından bir miktar etkileşim olmalıdır. Bir grubun başka bir arazi parçasına girip oradaki yerel popülasyonla çiftleşen üyesi ya da serseri bir üyesi olabilir. Çok uzun süre yalıtılmışlık, yerel popülasyonları artık birbirleriyle çiftleşemeyecek noktaya kadar birbirinden ayrılmaya iter ve zaman içinde arı tür ya da alt-tür haline gelirler.

1990'larda Finlandiyalı çevrebilimci Ilkka Hanski meta-popülasyon teorisinin merkezinde, yerel popülasyonların istikrarsız olduğu fikri bulunduğunu gösterdi. Bir bütün olarak meta-popülasyon pekâlâ istikrarlı olabilir ama yerel popülasyonların, iç ve dış etkilere tepki olarak kendi bireysel arazilerinde yükselmesi ve düşmesi olasıdır. Arazinin bazı mensupları göç edip yok olma tehlikesi içinde olan azalmış bir popülasyona katılıp ona yeni bir güç verebilir – "kurtarma etkisi" olarak bilinen bir meta-popülasyon özelliği. Bazı gruplar tamamen yok olup başka bir grubun kolonileştireceği boş araziler bırakabilir. Hansk "ölümler" (yerel yok oluşlar) ile "doğumlar" (işgal edilmemiş alanlarda yeni popülasyonların kurulması) arasında kalıcı bir denge olduğunu savundu. Bu dengeyi hastalığın yayılmasına benzetti; hastalık riskine açık olanlar ile hastalar, sırasıyla hastalık taşıyan parazitler için boş ve işgal edilmiş arazileri temsil eder.

Çevrebilimciler meta-popülasyonlar kavramını özellikle habitatlar üzerindeki insan etkisi karşısında türlerin nasıl hayatta kaldığını anlamada, önemi giderek artan bir kavram olarak görüyorlar. Teori çevrebilimcilerin etkileşimleri sahneleyen matematiksel modeller kullanarak popülasyonlarının yükselişini ve düşüşünü analiz etmelerine yardımcı olur ve bir türün, yok olmaya sürüklenmeden önce, ne kadar habitat parçalanmasına dayanabildiğini öngörmelerini olanaklı kılar. ▪



İparhan kelebek meta-popülasyonu, Finlandiya'nın Aland Adalarında parçalanmış habitatlarında, Ilkka Hanski'nin tür arazileri araştırması için ideal konuyu sağladı.



Ilkka Hanski

Genellikle meta-popülasyon teorisinin babası olarak görülen Ilkka Hanski 1953'te Finlandiya'da Lempäälä'da doğdu. Çocukken kelebek topladı ve ender bir tür bulduktan sonra ömrünü ekolojiye adadı; Helsinki ve Oxford üniversitelerinde okudu.

O sırada çevrebilimciler yerel tür popülasyonlarının dağılımıyla fazla ilgilenmiyordu ama Hanski bunun önemli olduğunu anladı ve meslek yaşamının çoğunu Aland adalarında, iparhan kelebeğinin 4.000'den fazla habitat arazisinin haritasını çıkararak ve kaydını tutarak meta-popülasyon teorisini test etmeye harcadı. Bu çalışma Hanski'ye küresel ün kazandırdı ve Helsinki'de, dünyanın önde gelen ekolojik araştırma merkezlerinden biri haline gelen Meta-popülasyon Araştırma Merkezini kurmasını olanaklı kıldı. Hanski Mayıs 2016'da kanserden öldü.

Önemli eserleri

1991 *Metapopulation Dynamics*
1999 *Metapopulation Ecology*
2016 *Messages From Islands*



ORGANİZMALAR, İÇİNDE YAŞADIKLARI DÜNYAYI DEĞİŞTİRİR VE İNŞA EDER

NİŞ İNŞASI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
F. John Odling-Smee
(1935–)

ÖNCE
1969 İngiliz biyolog Conrad Waddington hayvanların kendi çevrelerini değiştirme yollarını yazar ve buna "sömürü sistemi" der.

1983 Amerikalı biyolog Richard Lewontin *Üçlü Sarmal: Gen, Organizma ve Çevre* kitabında organizmaların kendi çevelerinin aktif kurucuları olduğunu savunur.

SONRA
2014 Kanadalı çevrebilimci Blake Matthews bir organizmanın niş yapıcısı olup olmadığını kararlaştırmanın ölçütlerini özetler.

Bütün organizmalar ihtiyaçlarını karşılamak için çevreyi değiştirir. Hayvanlar daha güvenli bir çevre sağlamak için tünel kazar, yuva yapar, Güneş'ten koruyan gölge ve rüzgârdan koruyan sığınak yaratırken bitkiler toprağın kimyasını değiştirir ve besin öğelerinin dönüşümünü sağlar. Organizmalar kendilerinin ve birbirlerinin çevredeki yerini değiştirince bu "niş inşası" olur – İngiliz evrimsel biyolog F. John Odling-Smee'nin 1988'de türettiği bir terim.

Amerikalı evrimsel biyolog Richard Lewontin hayvanların doğal seçilimin pasif kurbanları olmadığını daha önce öne sürmüştü. Kendi çevrelerini aktif bir biçimde inşa ettiklerini ve değiştirdiklerini, süreç içinde kedi evrimlerini etkilediklerini savundu. Örneğin vaşak ve tavşan birbirini alt etmeye çalışarak birbirlerinin evrimini ve ortak çevrelerini şekillendirir. Benzer şeklide Odling-Smee de niş inşasının ve "ekolojik kalıtımın" –değişmiş toprak kimyası gibi kalıtımsal kaynak ve koşullar sonraki kuşaklara geçtiği zaman– evrim süreçleri olarak görülmesi gerektiğini savundu.

> Yabani tavşanlar oturup vaşak inşa etmez. Ama çok önemli bir anlamda ederler de.
> **Richard Lewontin**

İnşa düzeyleri

Niş inşasının bazı yaygın örnekleri alenidir; bazıları ise mikroskobik ölçekte çalışır. Kunduzlar ırmaklarda etkileyici barajlar inşa edip göller yaratır ve ırmak yataklarını değiştirir. Bu durum akıntıyla aşağıya taşınan su ve minerallerin bileşimimini değiştirir, diğer organizmaların yararlanacağı yeni habitatlar yaratır, ırmağın bitki ve hayvan topluluklarının bileşimini de değiştirir. İngiliz biyolog Kevin Laland bir kunduz barajının büyük bir ekolojik ve evrimsel önemi olduğu gibi dışkısının etkisinin de önemli olabileceğini öne sürdü.

Solucanlar oldukça etkili niş yapıcılarıdır; içinde yaşadıkları toprağı

Ayrıca bkz: Ekolojik nişler 50–51 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Organizmalar ve çevreleri 166 ▪ Ekolojik lonca 176–177



Solucanlar onları değerli doğal gübre yapan salgılar bırakır. Toprağı yalnızca kendileri için dönüştürmekle kalmaz, bitkilerin büyümesine de yardım ederler.

sürekli dönüştürürler. Bitkisel ve mineral maddeyi bitkiler, sindirebileceği kadar küçük parçacıklara ayırırlar. Salgıladıkları solucan gübresi, kullanılabilir nitrojen bakımından etraftaki topraktan beş kat daha zengindir, yedi kat daha fazla fosfat yoğunluğu vardır ve potasyum bakımından yaklaşık 11 kat daha zengindir.

Benzer şekilde, deniz tabanı çökeltilerinde yaşayan mikroskobik diyatomlar kumu bağlayan ve sabit hale getiren kimyasallar salgılar. Örneğin Kanada'nın Fundy körfesinde diyatomların deniz yatağının fiziksel durumunda meydana getirdiği değişiklikler, çamur karidesi gibi diğer organizmaların deniz yatağını kolonileştirmesine olanak sağlar.

İngiliz biyologlar Nancy Harrison ve Michael Whitehouse da kuşlar karma-tür sürüler oluşturduklarında –üreme mevsimi dışında birçok kuşun yaptığı gibi– daha fazla besin kaynağı bulmak ve yırtıcılardan daha fazla korunmak için rakiplerle ilişkilerini değiştirdiklerini öne sürdü. Yarattıkları karmaşık toplumsal çevre onların kendi ekolojisini ve davranışını değiştirir.

Odling-Smee niş inşasını açıklarken 2 milyar yıldan fazla bir süre önce fotosentezin bir yan ürünü olarak oksijen üreten eski siyanobakterilere işaret etti. Bu, Dünya'nın atmosferinin ve okyanuslarının bileşimini gezegenimizin çevresini büyük ölçüde değiştiren Büyük Oksidasyon Olayında anahtar faktördü. Oksijen artışı çok daha karmaşık yaşam formlarının –insanlar dahil– evrilmesi için koşulların yaratılmasına yardımcı oldu. ■

Ekosistem mühendisleri

Niş yapıcılar "ekosistem mühendisleri" olarak nitelendi – 1994'te bilim insanları Clive Jones, John Lawton ve Moshe Shachak'ın türettiği bir terim. İki çeşit ekosistem mühendisinin ana hatlarını çizdiler. Birincisi, allojenik ekosistem mühendisleri, fiziksel malzemeleri değiştirir. Örneğin baraj yapan kunduzlar, yuva delikleri açan ağaçkakanlar ve çakıl ocağı açan insanlar; bu faaliyetler diğer türler için kaynak bulunabilirliğini değiştirir. Ağaçkakanlar deliklerini terk edince küçük kuşlar ve diğer hayvanlar oraya taşınır. Bir çakıl ocağı suyla dolarsa ördekler ve yusufçuklar orayı kolonileştirebilir.

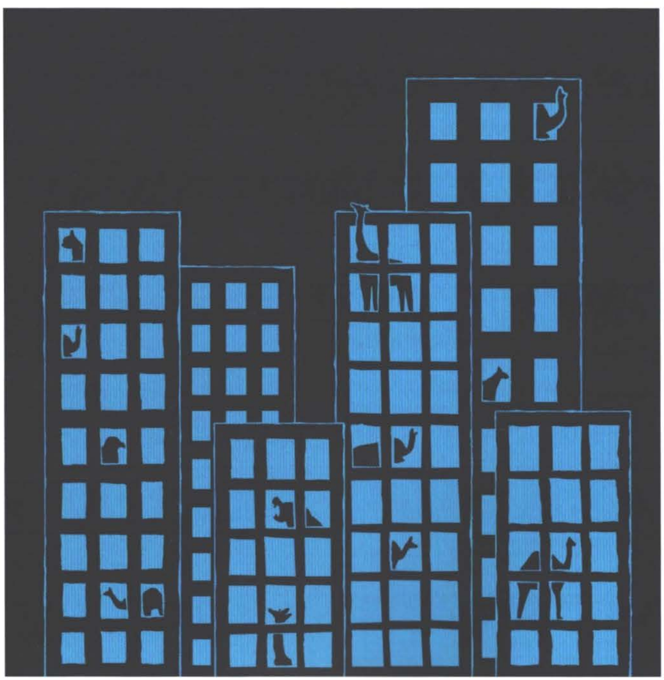
Diğer ekosistem mühendisleri otojeniktir; yani yalnızca büyüyerek, diğer bitkilere ve hayvanlara yeni habitat sağlarlar. Örneğin yetişkin bir meşe ağacı, bir meşe fidanından daha geniş bir böcek, kuş ve küçük memeli yelpazesi için uygun bir çevredir. Aynı şekilde, bir mercan resifi, büyüdükçe daha fazla balığa ve kabukluya yuva sağlar.



Arizona'da bir sığırcık, bir Gila ağaçkakanının terk ettiği bir deliği alıp kendi yuvası yapar.

KOLONİ TAKASI YAPAN YEREL TOPLULUKLAR

META-TOPLULUKLAR



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Mathew Leibold (1956–)

ÖNCE
1917 Arthur Tansley yoğurtotu (*Galium*) bitkisinin iki türünün farklı toprak parçalarında farklı şekilde büyüdüklerini gözlemler.

1934 Georgy Gause, aynı temel kaynak için rekebet eden iki türün uzun süre bir arada var olamayacağını söyleyen rekabetçi dışlama ilkesini geliştirir.

2001 Stephen Hubbell'in "nötr teorisi" biyolojik çeşitliliğin rasgele ortaya çıktığını savunur.

SONRA
2006 Mathew Leibold ve Amerikalı çevrebilimci arkadaşı Marcel Holyoak meta-topluluklar kavramını arıtır ve geliştirir.

Geleneksel topluluk ekolojisinin sınırlılıklarından biri, topluluklara salt yerel düzeyde bakma eğiliminde olması ve farklı ölçeklerde ya da farklı yerlerde olup bitenleri fazla hesaba katmamasıydı. Bu nedenle, geçen birkaç on yılda çevrebilimciler "meta"-topluluklara ilişkin teoriler geliştiriyordu; kavram 2004'te, Amerikalı çevrebilimci Mathew Leibold'un öncülüğünde önemli bir bilimsel bildiride özetlendi.

Meta-topluluklar düşüncesi meta-popülasyon düşüncesiyle ilişkilidir. Meta-popülasyon araştırmaları, aynı türün popülasyonlarının birlikte yaşadığı farklı arazileri incelerken meta-topluluk teorisinde

Ayrıca bkz: Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Nötr biyolojik çeşitlilik teorisi 152 ▪ popülasyonlar 186–187



ABD, Colorado'da dağ keçileri, bir sıradağda –Rocky dağları– bir tür meta-topluluğunda, ama tek bir dorukta bir keçi popülasyonu içinde yaşar.

Farklı araziler, çok sayıda etkileşen türü içeren topluluklardan oluşur

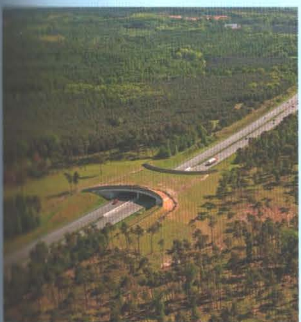
Meta-topluluk nedir?

Meta-topluluklar esasında topluluk grupları ya da kümeleridir. Bir meta-topluluğu oluşturan topluluklar mekân olarak ayrıdır ama tamamen yalıtık ve bağımsız değildir. Çeşitli türler aralarından geçtikçe etkileşirler. Örneğin, bir meta-topluluk bir bölgeye yayılmış, ayrı orman topluluklarından oluşan bir kümeden ibaret olabilir. Her orman habitatı parçasında bulunan çeşitli türler bağımsız bir topluluk olarak etkileşir. Bununla birlikte, geyikler ya da tavşanlar gibi belli türler, meta-toplulukta başka bir topluluğa göç edebilir ya da dağılabilir, daha iyi beslenme, barınma ve üreme olanakları arayışıyla ormanın farklı bir parçasına taşınabilir. Farklılaşan habitat tipleri birbiriyle bağlantılı ve bağımsız gelişme arasındaki bu dengeyi etkileyecektir. Meta-topluluklar teorisi, varyasyonların nasıl ve neden geliştiğini, biyolojik çeşitlilik ve popülasyon dalgalanmaları üzerindeki etkilerini incelemek için bir çerçeve sunar.

Bölgesele karşı yerel

Topluluklara mekânsal açıdan bakmanın önemli bir avantajı, görünürde çelişkili birçok gözlemi çözmeye yardımcı olma olasılığıdır. Örneğin bir çevrebilimcinin araştırması küçük bir yerel toplulukta türlerin nasıl birlikte yaşadığını ve etkileşim içine girdiğini gözden geçirebilir. Bu dar odaklı araştırma türler arasında kaynak rekabetinin topluluğun işleyişinde önemli bir faktör olduğunu bulgular. Başka bir araştırma, resme daha büyük bir topluluktan bakabilir. Bu makro araştırma rekabetin fiilen hiçbir rol oynamadığını keşfeder. O halde hangi sonuç doğrudur? Her iki yanıt da doğru olabilir ve fark ölçeğe

Yaban hayat geçitleri



Birçok farklı tür, doğal olarak ayrı habitat parçalarına geçer. Bu hareket yıllık göçlerde olduğu gibi mevsimsel ya da yangın veya su baskını gibi doğal afetler nedeniyle olabilir ya da uzun zaman aralıklarında gerçekleşebilir. Türlerin ve toplulukların sağlığı ve varlığını sürdürmesi bakımından çok önemli olan, önemli anlarda yenilenen ya da yeni kaynak sağlayan bağlantılar yaratır. Ne var ki tarım alanı açma, karayolu, demiryolu ve çarpık kentleşme gibi insan yapımı engeller, bir habitattan diğerine bu doğal akışı keser. Yaban hayata, geçecek yol sağlama düşüncesi yeni değildir. Örneğin, balıkların barajları geçecekleri balık yolları yüzyıllarca geriye gider. Yaban hayat geçitleri –Kanada'da ayılar için köprülerden California'da çöl kaplumbağaları için tünellere kadar– inşaat işinin giderek yaygınlaşan bir özelliği oluyor. Habitatları korumak ve hayvanlar ile taşıtlar arasında ölümcül çarpışmalardan kaçınmak için çoğuna bitki ekili binlerce geçit, köprü, viyadük ve altgeçit inşa edilmiştir.

dayanmaktadır. Meta-topluluk teorisinin yararı, çevrebilimcilerin bu farklılıkları uzlaştırmasına olanak sağlamasıdır. Hem yerel hem bölgesel ölçekte açıklama aramalarını olanaklı kılar.

Bir meta-topluluk, bir parkın içinde, her bir ağacın bireysel bir topluluk olduğu bir düzine yaprak döken ağaçtan oluşan bir küme olabilir. Bununla birlikte, tüm dünyada ılıman kuşaklardaki tüm yaprak döken ormanlar da olabilir. Meta-topluluk teorisinin yaptığı şey, çevrebilimcilerin, en azından teoride her ölçekte çalışmasına olanak vermektir.

Şemsiye çerçeve

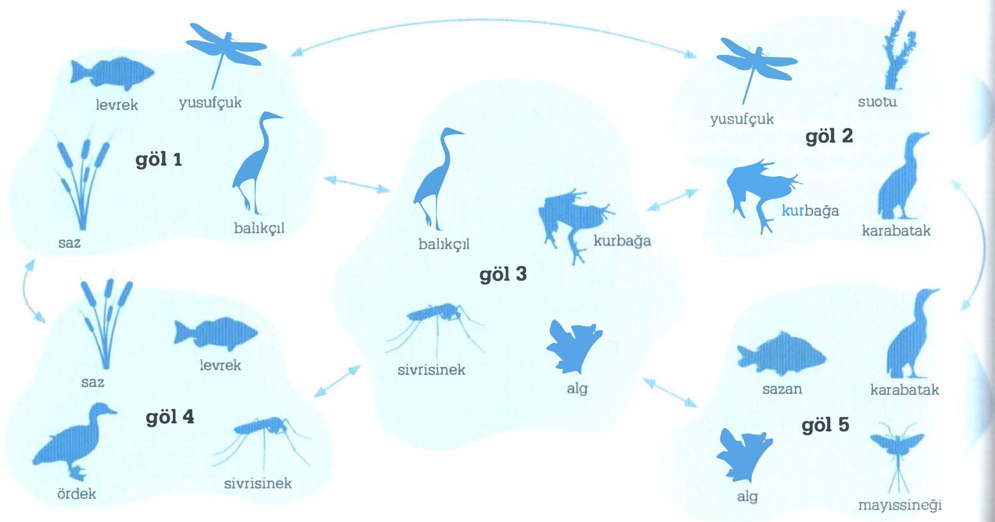
Mathew Leibold'a göre meta-topluluklar çalışması ekolojinin görünüşte ayrı birçok dalını ve görünüşte çatışan teorileri bir araya getirir. Örneğin, tür çeşitliliğinin her türün ekolojik nişi tarafından belirlendiğini öne süren "determinist", niş-bazlı topluluk ekolojisi teorisi ile tesadüfen kolonileştirmenin ve ekolojik sürüklenmenin (popülasyon büyüklüklerinden rasgele dalgalanmalar) önemini vurgulayan "stokastik" (rasgele) teori arasındaki yüzyıllık tartışmayı bir çözüme kavuşturmayı kolaylaştırabilir.

Meta-topluluk teorisi, determinist ve stokastik süreçlerin nasıl birbiriyle etkileşip doğal topluluklar oluşturduklarını görmek için bir şemsiye çerçeve sağlar. Çevrebilimcilerin biyolojik çeşitlilik örüntülerinin hem kaya havuzlarındaki güneş ve gölge dengesi ya da akarsuların su kalitesindeki varyasyonlar gibi yerel biyolojik özellikler tarafından, hem bir türün anormal fırtınalarla yayılması ya da bir salgın nedeniyle ölüp yok olması gibi bölgesel stokastik süreçler tarafından belirlendiğini ifade etmelerine olanak verir. Yerel değişikliklerin birleşik etkisinin bölgesel değişikliklere neden olabileceğini de kabul eder.

Meta-toplulukları bulmak

Leibold'un kavramının sorunlarından biri, bir meta-topluluğun ayrı bileşenlerini saptamanın pratikte çok kolay olmamasıdır. Örneğin, bir göller bölgesinde farklı göllerdeki balıklar ve diğer su yaratıkları için her göl ayrı bir topluluk olabilir. Ne var ki, dakikalar içinde göller arasında uçabilen kuşlar için farklı göller aynı tek topluluğun parçalarıdır. Meta-topluluklar üzerine devam eden çalışma ve araştırmaların çoğunun saha çalışmalarına dayanmaktan çok teorik ve soyut olması-

Meta-topluluk



Bu meta-topluluk örneğinde oklar türlerin beslenmek ya da üremek için göller arasında nasıl hareket ettiklerini gösterir. Tohumları ve alg sporlarını rüzgâr dağıtır.



Dalgaların oyduğu bir platformdaki kaya havuzları, Faroe adalarında Eysturoy'da bir meta-topluluk oluşturur. Kaya havuzları gelgitler arasında ayrıdır, gelgit gelince birleşip tekleşir.

nın nedeni bu olabilir. Bir ada grubundaki adalar gibi ya da gelgitler arasında ayrı olan ama gelgit gelince birleşen kaya havuzları gibi basit meta-toplulukları saptamak kolaydır. 2004'teki bildirilerinde Leibold ve meslektaşları yerel toplulukların ya da parçaların, onları fark edilir biçimde ayrı yapan açık sınırların her zaman bulunmadığını ve farklı türlerin gerçekleşen şeylere farklı bir ölçekte tepki verebildiklerini kabul ediyorlardı. Üç çeşit meta-topluluk saptadılar: belirgin biçimde ayrı parçalar, bir habitatta zaman zaman değişik büyüklükte ortaya çıkan kısa ömürlü ama bariz parçalar, muğlak ya da "bulanık" sınırları olan kalıcı parçalar.

Bariz parçalar

En alenî, kayda değer biçimde ayrı parçalar, okyanuslardaki adalardır. Bunlar rahat araştırma konularıdır ve ada biyocoğrafyası üzerine, Charles Darwin'in Pasifik okyanusundaki Galapagos adalarında spinozlar arasındaki varyasyonlara ilişkin ünlü araştırmasına kadar geri giden geniş bir literatür vardır. Net bir biçimde ayrı parçalar iyi araştırma konuları olur; topluluk çevrebilimcileri arasında bu kadar rağbet görmesinin nedeni budur. Ama kuşlar ve rüzgârla savrulan ya da denizin karaya vurduğu diğer organizmalar ada topluluklarının bile hiçbir zaman tamamen yalıtık olmamalarını sağlar. Bazı meta-topluluk araştırmalarının göllerde ve havuzlarda olduğu gibi parçaların ayrı olduğu yerlerde bile topluluklar arasındaki alana odaklanmalarının ve türlerin parçalar arasında nasıl hareket ettiklerini analiz etmelerinin nedeni budur.

Kısa ömürlü ama bariz parçaları tanımlamak, gelip geçici doğalarından ötürü çok daha zor olabilir. Yine de çevrebilimciler ağaçlarda bir fırtınadan sonra suyla dolan deliklere, yalnızca birkaç gün ya da hafta yaşayan şapkalı mantar alanlarına, hatta çiyden ya da yağmurdan sonra hem bakterilere hem böceklere kısa ömürlü sucul bir yuva sağlayan etçil bitkilere ilişkin meta-topluluk araştırmaları yaptılar.

Bulanık topluluklar

Leibold'un 2004 makalesi sınırları bulanık meta-toplulukları tanımlamanın en zoru olduğunu kabul etmekteydi. Örneğin mercan resifleri net bir biçimde ayrı gibi görünebilir ama aralarında yaşayan türlerin birçoğu serbestçe yüzer ve okyanus akıntılarındaki değişiklikler gibi değişim bir dizi dış etkiye tepki verir.

Dünyadaki yaşamın çok büyük bölümü bu şekilde muğlak bir biçimde tanımlanan parçalarda var olduğu için teorisyenler daha fazla netleştirmeye çalıştı. Leibold ve meslektaşları inceleme için meta-toplulukları saptamanın iki farklı yolunu önerdi: Kaynak bakımından zengin bir ormandaki açıklıklar gibi, "matriks" bir habitatın içine gömülü bariz topluluklar ve kesintisiz bir habitatta, bir ormanın içinde rasgele bir ağaç çevresi gibi keyfi olarak seçilmiş parçalar.

Çalışmalar henüz erken bir evrededir. Dünya bir biyolojik çeşitlilik krizine giriyor; sayısız tür ve topluluk, insan faaliyetinin etkilerinden ötürü tehdit altında gibi görünüyor. Meta-topluluk teorisi zamanla doğal toplulukların nasıl tepki vereceğini ve habitatlarda yerel değişikliklerin bir bölgede olumlu ya da olumsuz bir biçimde nasıl dalgalanabileceğini daha iyi anlamaya yardımcı olabilir. ■

YAŞAYA
DÜNYA

N

1840
Louis Agassiz eskiden İsviçre'nin bir **buz tabakasıyla** kaplı olduğunu gösterir ve yakın jeolojik tarihte bir **buzul çağının yaşandığını** öne sürer.

1869
Biyocoğrafyanın babası Alfred Russel Wallace komşu adalardaki **fauna türlerinde** açık bir **evrimsel bölünmeyi** rapor eder.

1896
Svante Arrhenius, **karbondioksit salınımlarının** küresel ısınmaya yol açabileceğini savunan ilk kişidir.

1912
Alfred Wegener Dünya'nın eskiden **tek bir kara kütlesi** olduğunu, **kıtaların** ondan **koptuğunu** öne süren teorisini sunar.

1926
Vladimir Vernadsky'nin kitabı *The Biosphere*, **atmosfer gazlarının biyolojik süreçlerle** nasıl yaratıldığını açıklar.

1935
Arthur Tansley **birbirine bağımlı** bir biyolojik ve biyolojik-olmayan bileşenler **topluluğunu** tarif etmek için **"ekosistem"** terimini türetir.

Batı dünyasında bilim insanları, jeologların ve fosil avcılarının bulgularını, Yaratılış ve Tufanla ilgili Kitabı Mukaddes öykülerinin lafzi yorumlarıyla yüzyıllarca uzlaştırmaya çalıştı. Örneğin 1654'te Başpiskopos Ussher Dünya'nın yaratılışını MÖ 22 Ekim 4004'e tarihledi. Bir dizi keşif bu anlatıya meydan okudu ve yeryüzünde yaşamın dinamik tarihiyle ilgili yeni düşüncelere yol açtı.

Kayaçlardaki kanıtlar

İki İskoç jeolog –James Hutton ve Charles Lyell– Dünya'nın yaşıyla ilgili bilgimizi geliştirdi. *Theory of the Earth* (1975; *Dünya Teorisi*) kitabında Hutton binlerce metre kaya tabakası yaratmak için gerekli tortulaşma ve erozyon döngülerinin gezegen için sahiden eski bir kökeni işaret etmesi gerektiğini savundu – 1930'larda Lyell'in daha da geliştirdiği bir düşünce. Kısa süre sonra İsviçre kökenli Amerikalı jeolog Louis Agassiz bazı bölgelerin topografyasının buzullar tarafından şekillendiğini öne sürdü. Hutton ve Lyell hayvan ve bitki fosillerinin jeolojik kayıtlardan silindiğini de fark etti. Lyell bunun soy tükenmenin kanıtı olduğuna inandı; türlerin değişmez olduğuna dair egemen inanca meydan okudu.

Fosiller kıtaların hareketine ilişkin ipuçları da sunuyordu. Alman meteorolog Wegener, Güney Atlantik'in her iki yakasında, binlerce kilometre ayrı olmalarına rağmen, benzer fosiller bulunabildiğini fark etti. 1912'de kıtaların kayması teorisinde Wegener bunu kıtaların eskiden birleşik olduğunun ve kopup uzaklaştıklarının kanıtı olarak sundu. 1960'lara kadar böyle bir hareket için geçerli bir mekanizma bulunmadı. Jeofizikçiler okyanus sırtlarının her iki tarafında paralel şeritler halinde giden manyetik anormallik örüntüleri keşfetti ve deniz tabanı yayılması sürecini saptadı – sıcak magma okyanus kabuğundaki çatlaklardan yukarı çıkar ve akıp soğudukça yeni kabuk oluşturur. Bu tedrici süreç kıtaları kaydırır ve şekillendirir.

Biyocoğrafyanın doğuşu

16. yüzyıldan itibaren keşifler çağında bilim insanları, hayvanların ve bitkilerin coğrafi dağılımını incelemeye başladı. 1860'larda Alfred Russel Wallace dağlar ve denizler gibi fiziksel engellerle açıkça tanımlanan bu örüntüleri evrimin temel bir kanıtı olarak gördü. Wal

1939 — *Bioecology* kitabında Frederic Clements ve Victor Shelford biyom düşüncesini popülerleştirir.

1947 — Lesley Holdridge'in biyocoğrafi sınıflandırması **bitki örtüsünü yağmurun** ve ısının belirlediği **38 yaşam kuşağı** saptar.

1953 — James Lovelock'un **Gaia hipotezi**, Dünya'yı kendi kendini düzenleyen tek bir sistem olarak sunar.

1970 — **İlk Dünya Günü** kutlanır ve insanların **dünyaya holistik bakması** gerektiği düşüncesi popülerlik kazanır.

1974 — Eugene ve Howard Odum, **yaşayan gezegeni**, küresel bir **kenetli sistemler** koleksiyonu olarak açıklar.

1980 — Luis ve Walter Alvarez **dinozorların toplu yok oluşuna bir meteor çarpmasının** neden olduğunu öne sürer.

lace, örneğin, Avustralasya'nın ve Güneydoğu Asya'nın florası ile faunası arasında keskin bir ayrım üreten okyanus boğazlarını fark etti.

Dünyanın biyocoğrafyasını daha iyi bilen 20. yüzyıl çevrebilimcileri gezegeni biyomlara –tropikal yağmur ormanları, çöller ya da tundra gibi farklı habitatlarda etkileşen geniş flora ve fauna topluluklarına– ayırdı. Botanikçi Leslie Holdridge 1947'de yaşam kuşağı sınıflandırmasıyla kavramı geliştirdi; bitki örtüsünü etkileyen iki önemli öğeye –sıcaklık ve yağış– dayanan yaşam kuşaklarının haritasını çıkardı.

"Tüm dünya" yaklaşımı

"Biyosfer" sözcüğünü 1875'te Avusturyalı jeolog Edward Suess Dünya'nın yüzeyinde ya da yüzeyine yakın, organik yaşamın var olabildiği tüm alanları belirtmek için türetti. 1926'da Rus jeokimyacı Vladimir Vernadsky biyosferin gezegenin kayaçlarıyla (litosfer), suyuyla (hidrosfer) ve havasıyla (atmosfer) yakın etkileşimini açıkladı. Bu da Amerikalı biyolog Eugene Odum'un ekolojiye holistik bir yaklaşımı savunmasına yol açtı. Odum tek bir organizmayı ya da bir grup organizmayı, içinde yaşadıkları ekosistemi incelemeden anlamanın olanaksız olduğunu savundu. Bu görüşü "yeni ekoloji" olarak niteledi.

1974'te İngiliz bilim insanı James Lovelock, Gaia hipotezini öne sürdü; buna göre biyosferdeki canlı ve cansız öğelerin etkileşimi Dünya'nın, yaşam koşullarını kalıcılaştıran karmaşık, kendi kendini düzenleyen bir sistem olduğunu açığa vuruyor. Neredeyse iki yüzyıl önce Hutton benzer bir düşünceyi açıklamıştı – biyolojik ve jeolojik süreçler birbiriyle bağlantılıdır ve Dünya, bir süper organizma olarak görülebilir. Hutton'ın ifadesiyle, "bu yerküre yalnızca bir makine değil, yenileyici gücü olan örgün bir yapıdır."

Yok olmaya gidiş mi?

Beş kitlesel yok oluşun tahribatına rağmen dünyada yaşam milyarlarca yıl varlığını sürdürdü. Ne var ki şimdi çevreciler Dünya'nın bir kitlesel yok oluşu daha atlatıp atlatamayacağını sorguluyor. Aslında bazılarına göre, insan faaliyetinin bir sonucu olarak altıncı bir kitlesel yok oluş zaten başlamış durumdadır. Yine de Lovelock'un Gaia teorisi doğruysa gezegenin dayanması olası gibi görünüyor – insanlar ve şu anda var olan birçok yaşam formu dayanmasa bile. ■



BUZUL TANRI'NIN BÜYÜK PULLUĞUYDU

ESKİ BUZUL ÇAĞLARI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Louis Agassiz (1807–73)

ÖNCE
1795 İskoç jeolog James Hutton, Alp dağlarında yabancı kaya bloklarının (alttaki kayaçtan farklı kaya parçaları) hareket eden buzullarca taşındığını savunur.

1818 İsveç'te doğabilimci Göran Wahlenburg, İskandinavya'nın eskiden buzla kaplı olduğuna ilişkin teorisini yayımlar.

1824 Danimarka kökenli Norveçli mineralog Jens Esmark buzulların eskiden daha büyük ve daha kalın olduklarını, Norveç'i ve bitişikteki deniz tabanının çoğunu kapladığını teorileştirir.

SONRA
1938 Sırp matematikçi Milutin Milankoviç, Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinde meydana gelen değişikliklere dayalı olarak tekrarlayan buzul çağlarını açıklayan bir teori yayımlar

19. yüzyılın başında Dünya'nın yeryüzü şekillerinin, bitkilerinin ve hayvanlarının gelişimine ilişkin çelişkili açıklamalar vardı. Kıyametçiliği destekleyenler, Kitabı Mukaddes'te tarif edilen tufan gibi bir dizi yıkıcı şokun gezegenin yüzeyini birkaç kez yeniden biçimlendirdiğini, var olan dağları, gölleri ve ırmakları yeniden şekillendirdiğini ve birçok bitki ve hayvan türünü yeryüzünden sildiğini savunuyordu. Üniformitaryanizm taraftarları ise dünyanın coğrafi özelliklerinin, sürekli ve tekbiçimli doğal erozyon, tortulaşma (sıvı akışlarının taşıdığı parçacıkların birikmesi) ve yanardağ süreçlerinin sonucu olduğunu savunuyordu.

Ayrıntılı jeolojik incelemeler her iki kampın da haklı olmadığını gösterdi. Dünya tarihinin bir yavaş değişim süreci olduğunu, arada yıkıcı olayların yaşandığını saptadılar. Buzullara ve buzulların yarattığı yeryüzü şekillerine ilişkin incelemeler bu düşünceleri biçimlendirdi. Alman kökenli İsviçreli jeolog Jean de Charpentier (ya da Johann von Charpentier), İsviçre Alplerinde paralel çizgileri gözlemledikten sonra eskiden Alplerdeki buzulların daha geniş olduğunu ve hareket ettikçe çiziklere neden olduklarını ve tortularının kayaçların içine daldığını öne sürdü. Jeolog Jens Esmark, Norveç'te benzer sonuçlara vardı.

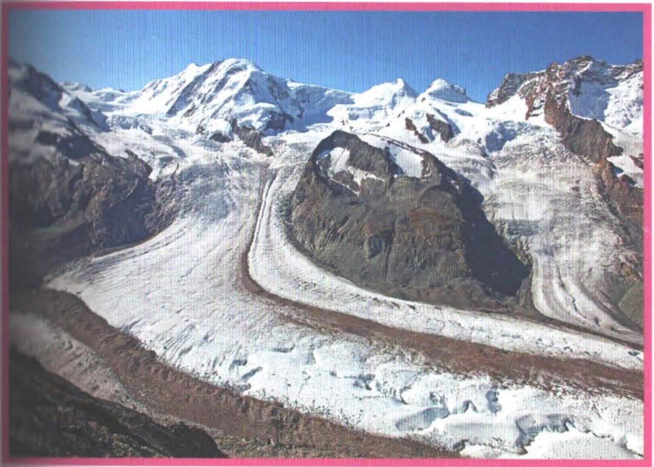


Kitabı Mukaddes'te açıklanan tufanın bir tasvirinde hayvanlar Nuh'un gemisine biniyor. Kıyametçiler tufanın Dünya'nın jeolojisini şekillendiren formatif şoklardan biri olduğuna inanıyorlardı.

Buzul hareketleri

İsviçreli zoolog Louis Agassiz, Charpentier'in ve Esmark'ın düşüncelerini daha da geliştirdi. 1837'de, Kuzey Kutbundan Akdeniz ve Hazar denizi kıyılarına kadar kuzey yarımkürenin çoğunun bir zamanlar geniş bir buz tabakasıyla kaplı olduğunu öne sürdü. Agassiz, İsviçre'de buzul hareketlerine ilişkin ayrıntılı araştırmalar da yaptı ve 1840'ta *Études sur les glaciers* kitabını yayımladı. Aynı

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Küresel ısınma 202–203 ▪ Keeling Eğrisi 240–241 ▪ Ozon incelmesi 260–261 ▪ Bahar kayması 274–279



Buzullar İsviçre Alplerinde bir dağda, Piz Argient'te birleşiyor. Alpler'deki diğer buzullar gibi bunlar da bir zamanlar bugünkünden daha genişti ve daralmaya devam ediyorlar

yıl İskoçya'da buzul özellikleri araştırmak için jeolog William Buckland'ı ziyaret etti; bu, İskoç jeolog James Forbes'in Fransız Alpleri'nde benzer araştırmalara başlamasına yol açtı.

Katolik kilise gibi bazı kesimler, buzul çizgilerine büyük bir tufanın neden olduğunu ve büyük mil ve kaya birikintilerinin tufanın sürüklediği buz dağlarınca taşındığını savunmaya devam etti. Bununla birlikte, 1860'lardan itibaren Agassiz'in buzul teorisine, İsviçre Alplerindeki ve Norveç'teki buzulların eskiden daha geniş bir alanı kapladığı düşüncesine geniş bir destek vardı. Eskiden bir buz tabakasının, Avrupa'ya ve kuzey kutup bölgesinden güneye doğru Kuzey Amerika'nın çoğuna yayıldığı, bunun bitkiler ve hayvanlar için yıkıcı sonuçları olduğu da kabul edildi.

1800'lerin sonuna ve 1900'lerin başına gelindiğinde, hem Grönland'e hem de Antarktika'ya daha fazla keşif gezileri yapıldıkça her iki alanın hâlâ buzla kaplı olduğu öğrenildi.

1920'lerde ve 1930'larda havadan yapılan araştırmalar geniş buz tabakalarının çapını doğruladı – şimdi buzul buzu alanları olarak tanımlanan bölgeler 50.000 kilometrekareyi aşıyor; İzlanda'daki Vatnajökull gibi buz tabakaları ise daha küçüktür.

Daha fazla kanıt Dünya'nın uzun tarihinde yalnızca bir buzul çağı değil, en az beş büyük buzul çağı olduğunu açığa çıkardı. En yakın olanı, Kuaterner Buzul Çağı, 2,58 milyon yıl önce başladı ve devam ediyor. Son 750.000 yılda sekiz buz ilerlemesi (buzul dönemler) ve çekilmesi (buzul dönemler arası) oldu. 10.000-15.000 yıl önce son bulan son buzul dönemde buz tabakaları 4 km kalınlıkta ve deniz seviyesi 120 metre daha alçaktı. ▪

Geri çekilen buzullar ve kuş göçü

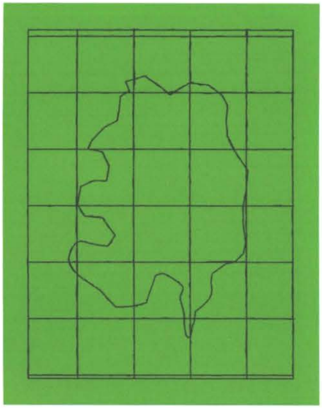
Son buzul dönemi yaklaşık 26.500 yıl önce sona ermeye başladığında Dünya bugünkünden çok daha soğuktu. Kuzey Amerika ve Kuzey Avrasya'nın çoğu buz tabakasıyla kaplıydı. Çevre o kadar sertti ki pek çok kuş yiyeceğin daha bol bulduğu astropikal ve tropikal bölgelerde yaşama eğilimindeydi.

Sıcaklıklar yükselmeye başlayınca buz tabakaları da daralmaya başladı, yeni kara parçaları ortaya çıktı. Buzsuz yer ve kısa, yağışlı yazlar böcekler için idealdi ve kuşlar da bu besin kaynağından yararlanmak için gelmeye başladı. Sonbaharda güner kısalınca bazı kuşlar kışın da kalmaya devam ederken bazıları güneye geri döndü.

Buz tabakaları daha da geri çekildikçe yurtlarına dönen kuşların uçtuğu mesafelar uzadı ve sonunda, tropik enlemler ile kuzey enlemleri arasında uzun mesafeli bahar ve güz göçlerine dönüştü. Yolculuğa çıkan kuşlar arasında kırlangıçlar, ötleğenler ve gugukkuşları vardır.



Erkek bir Baltimore sarıasması, Costa Rica'da bir eğreltiotuna tüner. Tür, martta üremek için kuzeye uçar ve ağustosta ya da eylülde tropik kuşağa göre döner.



HARİTADA SINIR ÇİZGİSİNİ İŞARET EDEN BİR ŞEY YOKTUR

BİYOCOĞRAFYA

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Alfred Russel Wallace (1823–1913)

ÖNCE
1831–36 Darwin'in HMS *Beagle*'ın yolculuğu sırasında yaptığı incelemeler bir alanda yaşayan birçok hayvanın başka yerlerde benzer habitatlarda bulunmadığını doğrular.

SONRA
1874 İngiliz zoolog Philip Sclater kuşları zoocoğrafi bölgelerine göre kategorileştirir.

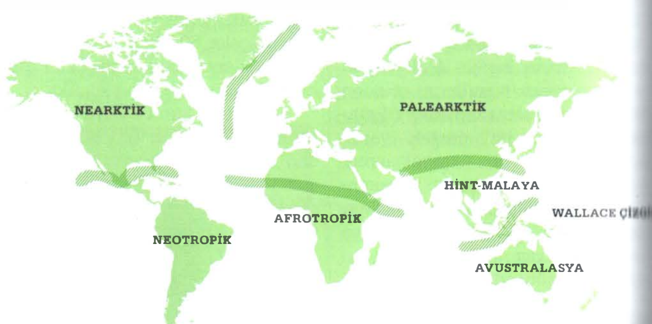
1876 Alfred Russel Wallace, *The Geographical Distribution of Animals*'ı yayımlar – biyocoğrafya üzerine ilk kapsamlı yayın.

1975 Macar biyocoğrafyacı Miklos Udvardy biyocoğrafi krallıkları biyocoğrafi eyaletlere bölmeyi önerir.

2015 Meksikalı evrimsel biyolog J.J. Morrone biyocoğrafya için bir Uluslararası Alan Adlandırma Kodu önerir.

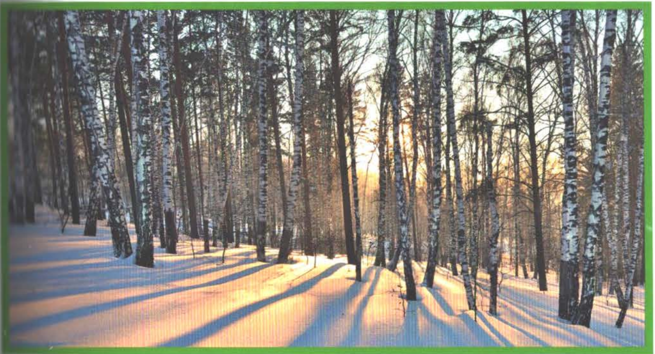
Hayvanların ve bitkilerin yaşadığı yerler coğrafi enlem, yükseklik ve habitat tipi gradyentleri boyunca genellikle düzenli bir biçimde çeşitlenir. Bu çeşitliliğe ilişkin incelemeler biyocoğrafya olarak bilinir. Bunun bir kolu (fitocoğrafya) bitkilerin dağılımını inceler, diğer kolu (zoocoğrafya) hayvanların dağılımını analiz eder. İngiliz doğabilimci ve biyolog Alfred Russel Wallace yaygın bir şekilde "biyocoğrafyanın babası" olarak görülür. 18. yüzyılda kâşifler gördükleri bitkileri ve hayvanları kaydettikçe coğrafi değişimin bir resmi ortaya çıkmaya başlamıştı. 1831-36'da HMS Beagle'ın büyük keşif gezisinde Charles Darwin, Folkland adalarında ana kara Güney Amerika'da yaşayan kuşlar, Galapagos adalarına özgü dev kaplumbağalar ve Avustralya kangruları gibi keseliler gördü. Biyocoğrafi yapbozun yeni parçaları yerine oturuyordu. I1848'ten itibaren Wallace, Güney Amerika'da ve Güneydoğu

Dünyanın zoocoğrafik bölgeleri



Wallace'in altı zoocoğrafi bölgesi, 1859'da güneydoğu Asya ile Avustralasya arasındaki fauna bölünmesine işaret etmek için önerdiği çizgiyle başlar.

Ayrıca bkz: Doğal seçilimle evrim 24–31 ▪ Ada biyocoğrafyası 144–149 ▪ Türlerin uzay ve zaman dağılımı 162–163 ▪ Biyomlar 206–209



Sibirya'nın tamamı Palearktik bölgededir ve burada tasvir edilen Sibirya beyaz huş ağaçları, Doğu Sibirya taygası denilen bir altbölümün parçasıdır.

Asya'da yıllarca saha çalışması yürüttü. Binlerce türün beslenme ve üreme davranışını ve göç alışkanlıklarını araştırdı; adalar arasındaki denizler gibi coğrafi engellerin varlığıyla ya da yokluğuyla kıyasla hayvan dağılımına özel ilgi gösterdi. Bir toplulukta yaşayan organizmaların sayısının o özgül habitatta bulunabilir besine bağlı olduğu sonucuna vardı.

Wallace çizgisi

1854-62'de Malay takımadalarına keşif gezisi sırasında Wallace dünyanın kuş türlerinin yüzde 2'sini içeren, birçoğu Batı biliminde daha önce bilinmeyen türlerden 126.000 örnek topladı. Biyocoğrafyayı doğal seçilim yoluyla evrim teorisine destek olarak gördü. Wallace'ın önemli bulgularından biri Makassar boğazı (Borneo ve Sulawesi adalararı arasında) ile Lombok boğazından (Bali ile Lombok arasında) geçen ve Wallace Çizgisi olarak bilinen hattın her iki tarafındaki kuş türlerinde görülen bariz farktı; bu çizgi, Asya faunasını Avustralasya faunasından ayırır. Büyük memelilerin ve pek çok kuşun çizgiyi geçmediğini bulguladı. Örneğin kaplanlar ve gergedanlar yalnızca Asya tarafında yaşar; geyik domuzları, keseliler ve kükürt-gerdanlı papağanlar diğer tarafta yaşar. Kuzey ve Güney Amerika'da hayvanlar arasındaki keskin farklılıklara da ışık tuttu.

1876'da Wallace altı ayrı zoocoğrafik bölge önerdi: Nearktik (Kuzey Amerika), Neotropik (Güney Amerika), Palearktik (Avrupa, Sahra Çölünün kuzeyinde kalan Afrika ve Orta, Kuzey ve Doğu Asya), İndomalaya (Güney ve Güneydoğu Asya) ve Avustralasya (Avustralya, Yeni Gine ve Yeni Zelanda). Bugün Wallace'ın bölgeleri, Okyanusya (Pasifik Okyanusunun adaları) ve Antarktika'nın da eklenmesiyle birlikte biyocoğrafik bölgeler olarak bilinir. ■



Alfred Russel Wallace

Kâşif, doğabilimci, biyolog, coğrafyacı ve toplumsal reformcu Alfred Russel Wallace 14 yaşında okulu bıraktı ve ölçümcü eğitimi aldıktan sonra öğretmen oldu. İngiliz entomolog Henry Bates'le tanıştıktan sonra böceklere merak sardı. İkisi birlikte 1848'de Amazon havzasına örnek toplama gezisine çıktı. Bunu Orinoko ırmağına ve Malay takımadalarına geziler izledi. Wallace doğal seçilimle türlerin kökeni konusunda Charles Darwin'le aynı sonuçlara vardı ve bildirilerini 1858'de birlikte sundular. Fauna dağılımı konusunda bir dünya otoritesi olan Wallace insanın çevre üzerindeki etkisinin neden olduğu sorunlar konusunda farkındalığı da artırdı.

Önemli eserleri

1869 *The Malay Archipelago*
1870 *Contributions to the Theory of Natural Selection*
1876 *The Geographical Distribution of Animals*
1878 *Tropical Nature, and Other Essays*
1880 *Island Life*



KÜRESEL ISINMA BİR ÖNGÖRÜ DEĞİLDİR. GERÇEKLEŞİYOR.

KÜRESEL ISINMA

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Svante Arrhenius
(1859–1927)

ÖNCE
1824 Fransız fizikçi Joseph Fourier Dünya atmosferinin Güneş'in ısısını bir sera gibi hapsettiğini öne sürer.

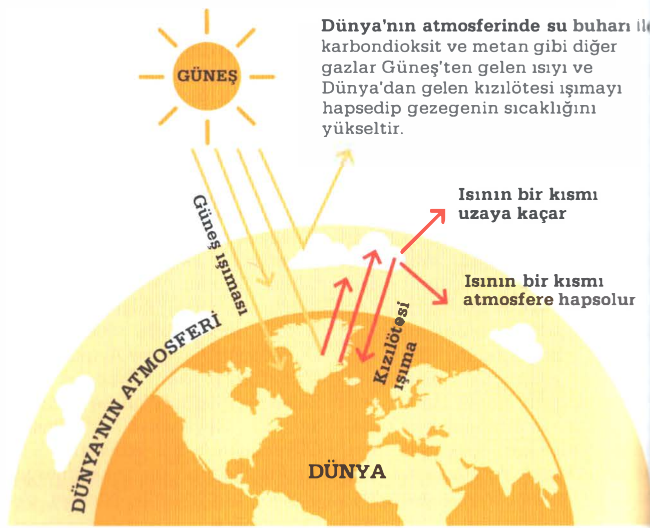
1859 İrlandalı fizikçi John Tyndall atmosfer gazlarının ışıma ısısını emdiğini öne süren hipotezi destekleyen deneysel kanıtlar sunar.

SONRA
1976 Amerikalı bilim insanı Charles Keeling 1959 ile 1971 arasında atmosferdeki karbondioksit düzeyinin her yıl yaklaşık yüzde 3,4 arttığını kanıtlar.

2006 *Field Notes from a Catastrophe*'ta gazeteci Elizabeth Kolbert iklim değişikliğinden etkilenen insanların ve yerlerin öykülerini anlatır.

1896'da İsveçli kimyacı Svante Arrhenius insanların neden olduğu karbondioksit (CO_2) salınımlarının küresel ısınmaya yol açabileceğini savunan ilk kişi oldu. Arrhenius ortalama yer sıcaklığının karbondioksitten ve şimdi bilindiği şekliyle diğer "sera gazlarından" etkilenebildiğini düşünüyor ve artan CO_2 düzeylerinin Dünya'nın sıcaklığını yükselteceğine inanıyordu. Daha özel olarak, karbondioksit düzeyi yüzde 2,5 ila 3 kat artarsa Dünya'nın kutup bölgelerinin 8–9°C'lik sıcaklık artışlarına tanık olacağını tahmin etti.

Sera etkisi



Ayrıca bkz: Çevresel geribesleme döngüleri 224–225 ▪ Yenilenebilir enerji 300–305 ▪ Yeşil Hareketi 308–309 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321

Arrhenius, 19. yüzyılın başında bilim insanları Joseph Fourier ve John Tyndall'ın çalışmalarını geliştiriyordu. Fourier Güneş, Dünya'yı şu anki kadar ısıtamayacak kadar uzak olduğu halde Dünya'nın neden donan bir göl olmadığını merak etmişti. Isıtılmış yüzeylerin –Dünya'nın yüzeyi gibi– termal enerji yaydığını ve tekrar uzaya ışıyan termal enerjinin Dünya'da daha soğuk sıcaklıklarla sonuçlanması gerektiğini biliyordu. Sıcaklığı düzenleyen bir şey vardı ve Fourier çeşitli gazlardan oluşan Dünya atmosferinin, içindeki havayı sıcak tutan cam bir kutu gibi hareket ettiğini düşündü. Fourier'in hipotezi, aşırı basit olmasına rağmen, Dünya'nın termal düzenine ilişkin "sera etkisi" teorisine yol açtı.

John Tyndall, Fourier'in sera etkisi hipotezini kanıtlayan ilk kişiydi. Yaptığı deneyler, Dünya geceleri soğuduğunda –gündüz Güneş'ten emilen ısıyı serbest bırakarak– atmosfer gazları, özellikle su buharı ısıyı (ışıma) emer ve bir sera etkisine neden olur. Bu, Dünya'nın ısısını ortalama 15°C'de tutar ama son onyıllarda sera gazları salan insan faaliyetleri bu rakamı daha yukarı çıkardı. Örneğin, kaydedilmiş en sıcak 10 yıl 1998'den bu yana gerçekleşti.

> Gezegen bir hasta olsaydı onu çok önce tedavi ederdik.
>
> **Prince Charles**

> Atmosfer, Dünya'nın yüzeyinin ortalama sıcaklığını [yükselten]... bir sera camı işlevi görebilir.
>
> **Nils Ekholm**
> ***İsveçli meteorolog***

Isınan bir dünyaya benzin dökmek

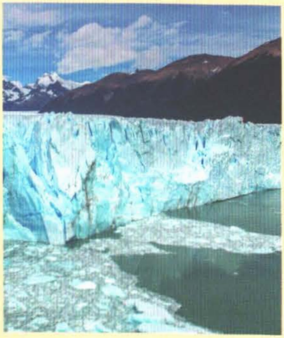
Daha 1904'te Arrhenius insan eylemleri nedeniyle –öncelikle kömür ve petrol gibi fosil yakıtların yakılmasıyla– dramatik CO_2 artışından endişe duymuştu. CO_2 salınımlarının küresel sıcaklıklar üzerinde yaratacağı etkiyi doğru öngördü ama sonunda küresel sıcaklıklarda bir artışın bitkilerin büyümesi ve gıda üretimi üzerinde yararlı bir etki yaratabileceği sonucuna vardı.

Fosil yakıtları yakmak, aslında CO_2 düzeylerini Arrhenius'un beklediğinden daha hızlı artırdı ama Dünya, onun öngördüğünden daha az ısındı. Şimdi bilim insanları, küresel ısınmanın insanlar ve çevre üzerinde zararlı etkiler yaratmakta olduğunu ve salınımlar artmaya devam ettiği sürece yaratmaya devam edeceğini biliyorlar. ■

Küresel ısınmanın etkileri

19. yüzyıldan bu yana atmosferdeki karbondioksit (CO_2) yaklaşık yüzde 25, ortalama küresel sıcaklık yaklaşık 0,5°C arttı. Bilimsel kanıtlar bu değişikliklerin, buzulların ve deniz buzunun erimesine, bunun sonucunda deniz seviyelerinin yükselmesine –1880'den beri yaklaşık 20 cm– ve mercan resiflerinin zarar görmesine katkıda bulunduğunu kanıtlıyor. Daha uzun yangın mevsimlerine, daha aşırı hava koşullarına, hayvan ve bitki yelpazelerinde hastalığa, soy tükenmesine ve besin yetersizliğine yol açan değişikliklere de neden olmaktadır.

Küresel sıcaklıkların ne ölçüde artacağı, küresel CO_2 salınımlarının azalıp azalmayacağına (ve ne kadar hızlı azalacağına) bağlıdır. Bilim insanları şu andaki hızıyla bu artışın 2100'de 0,3°C'den 4,6°C'ye kadar olabileceğini, en büyük ısınmanın da kutup bölgelerinde gerçekleşmesinin olası olduğunu öngörüyorlar.



Patagonya'da Perito Moreno buzulu hâlâ büyüyen birkaç buzuldan biridir. Çoğunluğu yavaş yavaş eriyip dünya çapında deniz seviyelerinin yükselmesine neden oluyor.



CANLI MADDE EN GÜÇLÜ JEOLOJİK KUVVETTİR

BİYOSFER

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Vladimir Vernadsky
(1863–1945)

ÖNCE
1785 İskoç jeolog James Hutton dünyayı anlamak için tüm etkileşimlerinin incelenmesi gerektiğini öne sürer.

1875 Avusturyalı jeolog Eduard Suess ilk kez "yüryüzünde yaşamın bulunduğu yer"i tarif etmek için "biyosfer" terimini kullanır.

SONRA
1928 *Methodology of Systematics* kitabında Rus zoolog Vladimir Beklemishe insanlığın geleceğinin geri dönülmez bir biçimde biyosferin korunmasına bağlı olduğu uyarısında bulunur.

1974 İngiliz bilim insanı James Lovelock ve Amerikalı biyolog Lynn Margulis, Gaia hipotezini –Dünya'nın canlı bir kendilik olduğu düşüncesi– yayımlar.

Dünya'nın etkileşen dört alt sistemi vardır: litosfer, Dünya'nın sert, kayalık dış kabuğu; gezegenin yüzeyindeki tüm suları içeren hidrosfer; çevredeki gaz tabakalarının oluşturduğu atmosfer; biyosfer –okyanus derinliklerinden en yüksek dağ tepelerine kadar yaşamı destekleyen her yer.

Biyosferin kökeni eskidir: 4,28 milyar yıl geriye giden minik tek-hücreli mikroorganizma fosilleri biyosferin neredeyse Dünya kadar yaşlı olduğunu gösteriyor. Biyosfer her kara ve su tabanlı çevreye uzanır ve hidrotermal bacaların etrafındaki çok sıcak ve mineral bakımından zengin sular gibi aşırı habitatlara ulaşır. Çoğu kez biyomlara ayrılır – çöl, çayır, okyanus, tundra ve tropikal yağmur ormanı gibi ortak büyük habitatlar.

> İnsan giderek daha güçlü bir jeolojik kuvvet haline geliyor ve gezegendeki konumunun değişmesi bu süreçle örtüştü
> **Vladimir Vernadsky**

Süper-organizma Dünya

Biyosferle ilgili düşünceler 18 yüzyılda İskoç jeolog James Hutton Dünya'yı bir süper-organizma –tek bir canlı kendilik– olarak tarif edince ortaya çıkmaya başladı. Yüzyıl sonra Eduard Suess, *Das Antlitz der Erde* kitabında biyosfer kavramını tanıttı. Suess yaşamın Dünya'nın yüzeyinde bir kuşakla sınırlı olduğunu ve bitkilerin, biyosfer ile diğer kuşaklar arasındaki etkileşimlerin iyi bir örneği olduğunu açıkladı – bitkiler litosferin toprağında büyür ve yapraklarıyla atmosferde nefes alır.

1911'de Suess'le tanışan Rus jeokimyacı Vladimir Vernadsky, Biosphere (1926) kitabında kavramı daha ayrıntılı bir biçimde tanımladı; kendi yaşam görüşünü büyük bir jeolojik kuvvet olarak açıkladı. Vernadsky atmosferdeki oksijen, nitrojen ve karbondioksidin, hayvanların ve bitkilerin soluması gibi biyolojik süreçlerden kaynaklandı-

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi 156–157 ▪ Holistik bir dünya görüşü 210–211 ▪ Gaia hipotezi 214–217



Milyarlarca yıl içinde siyanobakteri tabakaları fosilleşip stromatolitleri –burada Batı Avustralya'da Shark Körfezindeki Hamelin Pool'da görüldüğü gibi tortul kaya öbekleri– oluşturdu.

ğını fark eden ilk kişilerden biriydi. Canlı organizmaların gezegeni, dalgalar, rüzgâr ve yağmur gibi fiziksel kuvvetler kadar kesin bir biçimde yeniden şekillendirdiğini savundu. Dünya'nın gelişiminin üç evresi düşüncesini de tanıttı: birincisi, yalnızca cansız maddenin var olduğu jeosferli gezegenin doğuşu; ikincisi, biyosferde yaşamın ortaya çıkışı ve sonuncusu, insan faaliyetinin gezegeni ebediyen değiştirdiği çağ – noosfer.

Tabaka etkileşimleri

Bilim insanları biyosferin sürekli değiştiğine inanıyor. Atmosferdeki oksijen düzeyleri en az 2,7 milyar yıl önce siyanobakteri denilen mikroorganizmalar çoğalınca yükselmeye başladı. Oksijen arttıkça Dünya'yı farklı yollarla, yüzeyini aşındırarak ve yeniden biçimlendirerek, kimyasal bileşimini değiştirirek şekillendirecek daha karmaşık yaşam formları evrildi.

Tedricen biyosferin öğeleri litosferin bir parçası haline geldi. Binlerce yılda ölü mercanlar sığ tropikal okyanuslarda resifler yarattı. Benzer şekilde, trilyonlarca deniz organizmasının kalsit iskeletleri okyanus tabanına düştü, fosilleşti ve kireçtaşını oluşturdu. ▪

> Büyük bir iyimserlikle bekliyorum. Noosfere geçiş evresinde yaşıyoruz.
> **Vladimir Vernadsky**



Vladimir Vernadsky

1863'te doğan Vladimir Varnadsky 22 yaşında St Petersburg Devlet Üniversitesinden mezun oldu ve yüksek lisansını İtalya ve Almanya'da yaptı; kristallerin optik, elastik, manyetik, termal ve elektriksel özelliklerini inceledi. Rusya'da Şubat 1917 Devriminden sonra Vernadsky geçici hükümette eğitim bakanı yardımcısı oldu. Ertesi yıl Kiev'de Ukrayna Bilim Akademisini kurdu. *Biosphere* kitabı yıllarca Rusya dışındaki bilim insanlarınca ciddiye alınmamasına rağmen daha sonra Gaia teorisinin kurucu belgelerinden biri oldu.

1930'larda Vernadsky nükleer enerji kullanmayı savundu ve Sovyetler'in atom bombası projesinde danışman rolü oynadı. 1945'te öldü.

Önemli eserleri

1924 *Geochemistry*
1926 *The Biosphere*
1943 "The Biosphere and the Noosphere"
1944 "Problems of Biochemistry"

DOĞANIN SİSTEMİ

BİYOMLAR



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Frederic Clements (1874–1945), **Victor Shelford** (1877–1968)

ÖNCE
1793 Alexander von Humboldt belirli bir habitatta bulunan bitki tipleri karışımını özetlemek için "birlik" sözcüğünü türetir.

1866 Ernst Haeskel biyotop, bir dizi bitki ve hayvan için yaşama mekânı düşüncesini ortaya atar.

SONRA
1966 Leslie Holdridge sıcaklık ve yağış varyasyonlarının biyolojik etkilerine dayanan yaşam kuşakları düşüncesini savunur.

1973 Alman kökenli Rus botanikçi Heinrich Walter mevsimsel değişimleri dikkate alan bir biyom sistemi yaratır.

Dünyanın farklı bölümlerinde değişik bitki ve hayvan yaşamı örüntüleri vardır ama geniş alanlarda genellikle benzerlikler bulunur. Bunlara biyom denir ve her biri kendine ait bitki ve hayvan topluluğu ve ekosistemi bulunan büyük bir coğrafi bölgedir. Biyom düşüncesi kökeni daha eskiye dayanmasına rağmen ilk kez ABD'de bitki çevrebilimcisi Frederic Clements ve zoolog Victor Shelford tarafından *Bioecology* (1939) kitabında popüleştirildi.

Biyom kavramı bitki ardıllığı ve topluluk ekolojisiyle ilgili düşünceler geliştikçe şekillendi. Clements büyük bitki toplulukla-

Ayrıca bkz: Türlerin uzay ve zaman dağılımı 162–163 ▪ Klimaks topluluk 172–173 ▪ Açık topluluk teorisi 174–175 ▪ Biyocoğrafya 200–201

rini, "formasyonları", tanımladı ve bu 1916'da klimaks topluluklar düşüncesine yol açtı. Aynı yıl Clements biyotik toplulukları – özgül bir habitatta etkileşen tüm organizmalar– tarif etmek için "biyom" terimini kullandı.

Kafadar düşünürler

Bu şekilde düşünen yalnızca Clements değildi. Zoolog Victor Shelford aynı düşünce üzerinde çalışıyordu. Sonraki yirmi yılda ikisi kendi araştırmalarını yürütürken bitki ve hayvan dünyalarını nasıl birleştirebileceklerini görmek için buluşmaya başladı. Clements, karısı ünlü botanikçi Edith Clements ile birlikte Colorado'da bitki biyomlarını inceledi. Bu arada Shelford, *Naturalist's Guide to the Americas*'ı (1926) hazırladı – Amerika'daki yaban hayatının ilk büyük coğrafi özeti. Bu kitap daha sonraki bulguların temelininin çoğunu attı.

Bitkilerin **coğrafi yayılımını** esas olarak **iklim belirler.**

↓

Her bir **iklim bölgesinde farklı bitkiler** yetişir.

↓

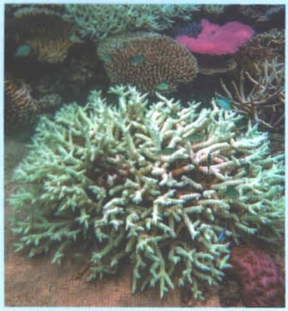
Her bir bölgedeki **başlıca bitki tipleri, yağış ve sıcaklık örüntüleriyle** yakından **eşleşir.**

↓

Dünyayı biyom denilen, iklim çeşitliliklerini yansıtan geniş doğal kuşaklara ayırmak için başlıca bitki tipleri kullanılabilir.



Moğolistan bozkırları Kuzey Amerika'daki çayırlarla aynı otlak biyomuna aittir. Ayrı kıtalarda olmalarına rağmen iklimleriyle, hayvanlarıyla ve bitkileriyle birbirine bağlıdırlar.



Tehdit altındaki mercan resifi biyomları

Mercan resifleri o kadar bereketli habitatlardır ki çoğu kez denizin tropikal yağmur ormanları olarak görülürler. Tüm deniz türlerinin dörtte birini destekler ve yarım milyar insana geçim sağlarlar. Ama şimdi felaketle karşı karşıyalar. Son 30 yılda tüm resimlerin yarısı kayboldu ve bazı uzmanlar önümüzdeki 30 yılda yüzde 90'ının yok olacağını tahmin ediyor. Ana küresel tehdit, okyanusların asitleşmeşi ve küresel ısınmadır. Denizler ısındıkça, gerilen mercanlar, besin kaynağı algleri uzaklaştırır. Büyümeleri durur, renkleri kaybolur ve çoğu kez mercan ağarması olayıyla ölürler. Bu tür olaylar giderek sıklaşıyor. Hem sofra hem akvaryumlar için aşırı avlanma gibi yerel tehditler de vardır. Daha da ciddisi, akvaryum balığı yakalamak için suya, balıkları geçici olarak hareketsizleştiren sodyum siyanür püskürtülür ve bu mercanları öldürür. Daha da acımasızı, sofra balığı yakakamak için suya dinamit atılır. Bu, balıkları öldürür ve çok sayıda toplanmasını kolaylaştırır ama aynı zamanda mercan resiflerini de parçalar.

Botanik ile zoolojinin işbirliği önemliydi. Ancak dinamik etkileşimleriyle birlikte doğal dünyanın bütününe bakarak bilim insanları tam bir resim elde etmeyi umabilirdi ve Clements bir biyomu "belirli bir habitta rahat eden tüm bitki ve hayvan türlerini kapsayan organik bir birim" olarak tanımladı. Yine de biyomlar esas olarak bitki örtüsü tipine göre tanımlanır oldu.

Biyomların en önemli özelliği, tüm dünyada bitki ve hayvan topluluklarını ilişkilendirmeleridir. Örneğin her kıtada tropikal ormanlar vardır ama pek çok ağaç yalnızca bir kıtada görünür. Bu yüzden Amazon ormanlarındaki ağaç yelpazesi Endonezya ormanlarındaki ağaç yelpazesinden tamamen farklıdır. Yine de her iki alan tropikal orman olarak tanımlanabilir çünkü ağaçların ortak özellikleri vardır.

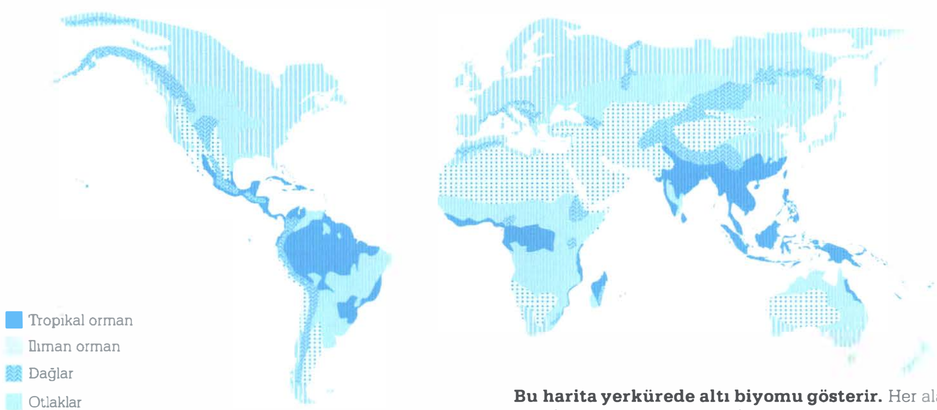
Bioecology ilk yayımlandığından beri bir biyomun ne olduğunu tanımlamaya yönelik sayısız girişim ve biyomları sınıflandırmanın çok sayıda farklı yolu oldu. Biyomlar küresel bitki örtüsü örüntülerini anlamanın basit bir yolunu sağlar ama yakından bakılınca ekosistemleri gruplandırmanın kaba bir yolunu sunar. Kabul gören tek bir sınıflandırma sistemi yoktur ve görünüşe göre herkesin kabul ettiği tek ayrım, karasal (karaya dayalı) ve sucul (suya dayalı) biyomlar arasındaki ayrımdır. Aynı biyomlar pek çok sistemde ortaya çıkar, kutup biyomu, tundra, yağmur ormanı, otlak ve çöl gibi ama kabul gören bir tanım yoktur ve bariz varyasyonlar vardır.

İklim faktörü

İklim tüm biyom sınıflandırmalarında ortak bir faktördür ama diğer "abiyotik" faktörler de rol oynayabilir. İklim bir bölgede en uygun yetişen bitki biçimini belirler ve belli bir şekilde büyüyen bitkiler belirli iklimlerle sınırlıdır. Yaprak döken ağaçların yaprakları geniştir, ışık emilimi için daha geniş bir yüzeyleri vardır ama kurumaya ya da dona dirençleri azdır. Diğer yanda, kozalaklı ağaçların iğne yaprakları dardır ve onlar sert donlara dayanabilirler. Çöl çalılarının kuruluğa dayanmak için çok ince yaprakları vardır ya da hiç yoktur. Biyocoğrafyacılar "tropikal" yağmur ormanlarından ve "ılıman" otlaklardan söz ettiklerinde iklimin anahtar rolünü kabul ediyorlar.

Çok az türün iklim ihtiyacı özdeştir. Aynı bitkilerin çeşitleri arasında bile varyasyonlar vardır. Örneğin Kuzey Amerika'nın doğu tarafındaki şeker akçaağacı, kış soğuğuna kuzeni gümüş akçaa-

Dünya'nın karasal biyomları



Bu harita yerkürede altı biyomu gösterir. Her alanın ayrı florası vardır çünkü başlıca bitki tipleri, bir iklim bölgesinden diğerine değişir. Okyanus ve tatlı su biyomları burada gösterilmiyor ama biyosfer için eşit ölçüde önemlidir.



Tropikal yağmur ormanı en sıcak ve en ıslak biyomdur ve Dünya yüzeyinin yüzde 7'sini kaplar. En yaşlı biyomlardan biridir ve diğer biyomlardan çok daha fazla hayvan ve bitki türü barındırır. .

ağaçtan biraz daha dayanıklıdır. Her iki ağacın yetiştiği alanlar örtüşmesine rağmen şeker akçaağaç ta Kanada sınırında görülebilir; gümüş akçaağaç ise çok güneyde, Texas'ta yetişir. Biyomlar, bitki ve hayvan dağılımının yalnızca yaklaşık bir resmini verdiği için çevrebilimciler sürekli yeni sınıflandırma sistemleri geliştiriyorlar.

Yağmur, ısı ve evrim

En yaygın kabul edilen sınıflandırma sistemlerinden biri, Amerikalı botanikçi Leslie Holdridge'in 1947'de geliştirdiği ve 1967'de güncellediği yaşam kuşakları sistemidir. Sistemi, iki anahtar faktörün, yağmur ve ısının, her bölgede bitki örtüsü tipini belirlediği varsayımına dayanır. Holdridge 38 yaşam kuşağının piramit şeklinde grafik bir tasvirini yarattı. Piramidin üç tarafı üç ekseni temsil eder: yağmur, sıcaklık ve buharlaşma-terleme (hem yağmura, hem sıcaklığa bağlıdır). Bu eksenleri kullanarak nemi, enlemi ve yüksekliği de yansıtan bölgeleri gösteren altıgenler çizebildi.

Amerikalı bitki çevrebilimcisi Robert Whittaker bir eksende ortalama sıcaklık, diğer eksende yıllık yağış miktarı bulunan daha basit bir grafik tasarladı. Birbirinin karşısına konulan bu iki değişkenle, grafiği dokuz biyoma ayırabilirdi – tropikal yağmur ormanından (en sıcak ve en ıslak) tundraya (en soğuk ve en kuru) kadar.

Bütün bu sistemlerin altında, türlerin benzer çevrelere uyum sağladıkları için benzer özellikler geliştirdiklerini savunan yakınsak evrim düşüncesi vardır. Böcekler, kuşlar, yarasalar ve pterozorlar, hava mekânını işgal etmek için birbirinden bağımsız kanat geliştirdi. Bu nedenle, farklı biyomların benzer çevresel koşullara yanıt olarak uygun yaşam formları geliştirdikleri varsayılır. Bununla birlikte, son onyıllarda türlerin aynı biyom içinde farklı evrilebildiği ve özdeş bir iklimde farklı istikrarlı biyomların gelişebildiği fark edildi. Yaşamı anlamanın merkezinde olduğu halde biyomlar, karmaşık ve tarifi zor bir kavram olmaya devam ediyor. ■

Ekozonlar

Biyomlar iklim, toprak ve topografya gibi belirli bölgesel koşullara yanıt olarak yaşamın aldığı benzer formları tanımlamakla ilgilidir. Bununla birlikte, Dünya'yı ekolojik bakımdan bölümlere ayırmanın başka yöntemleri de vardır. 1973'te Macar biyolog Miklos Udvardy biyocoğrafi krallıklar kavramıyla ortaya çıktı; bu sistem Dünya Yaban Hayat Fonu tarafından bir programla daha geliştirildi. Daha sonra BBC "biyocoğrafi krallık" teriminin yerine "ekozon" terimini geçirdi. Biyocoğrafi krallıklar tüm gezegeni, bitkilerin ve hayvanların evrim tarihine göre ayırır. Kıtaların birbirinden ayrılması ve kayması Dünya'nın farklı bölümlerinde türlerin değişik biçimde evrilmesi demektir. Bu nedenle ekozonlar bu çeşitlenmeyi saptamaya dayanır. Örneğin, Avustralasya tek bir ekozondur çünkü orada keseliler, dünyanın geri kalan kısmındaki memelilerden yalıtık bir biçimde evrildi.



Kısa burunlu karıncayiyen, Avustralasya ekozonunda en yaygın yerli memelilerden biridir. Çölden yağmur ormanına kadar bir dizi habitatta yaşarlar.



DOĞANIN HİZMETLERİNE PARA VERMEDİĞİMİZ İÇİN KENDİMİZE HAK GÖRÜYORUZ

HOLİSTİK BİR DÜNYA GÖRÜŞÜ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Eugene Odum (1913–2002)

ÖNCE
1905 Amerikalı botanikçi Frederic Clements, *Research Methods in Ecology*'de bitki topluluklarını ve zamanla nasıl değiştiklerini yazar.

1935 İngiliz botanikçi Arthur Tansley bir bitki, hayvan, toprak mineralleri, su ve hava topluluğunu tarif etmek için "ekosistem" terimini önerir.

SONRA
1954 Eugene ve Howard Odum'un Pasifik okyanusundaki Eniwetok Mercan adalarına ilişkin incelemesi holistik ekoloji ilkelerini uygular.

1974 İngiliz çevreci James Lovelock ve Amerikalı biyolog Lynn Margulis, Gaia hipotezini yayımlar. Dünya'nın, kendi kendini düzenleyen, gezegenimizde yaşam için gerekli koşulları sürdüren bir sistem olduğunu ifade ederler.



Tuzlu bataklıklar, Kuzey Galler'de Porthmadog'a yakın kıyıda **bulunanlar gibi, kendi ekosistemlerini oluşturur; deniz suyu ve besin öğeleri, eşsiz bir yaban hayat habitatı sağlar.**

Amerikalı çevrebilimci Eugene Odum ekoloji hakkında yazı yazan ilk bilim insanı değildi ama 1950'lerde, ekolojinin kendi başına bir disiplin olmaya layık olduğunu öne sürdü. O zamana kadar ekoloji, biyolojik bilimlerin görece önemsiz bir alt bölümü olarak görülüyordu – biyolojinin, zoolojinin ve botaniğin yoksul akrabası. Ne var ki Odum bitki ve hayvan türlerini yalıtık inceleme-

nin yaşayan dünyanın tam bir bilgisine yol açamayacığına ina nıyordu. Türlerin ne olduklar konusunda daha fazlasını öğren mek yerine kendi topluluklarında tuttukları yerleri ve rolleri incele

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Makro-ekoloji 185 ▪ İnsan ile doğanın barış içinde bir arada yaşaması 297 ▪ Yeşil Hareketi 308–309

menin daha önemli olduğunu savundu. Odum'un konuya yeni yaklaşımı –ilk kez 1953'te Ekolojinin *Temel İlkeleri* kitabında ortaya konuldu– ekolojik araştırmanın amacını ve etkisini kökten değiştirdi.

"Yeni ekoloji"

Holistik dünya görüşü, organizma sistemlerini bir bütün olarak incelemeyi gerektirir. Odum'un açıkladığı gibi bir organizma ya da herhangi bir organizma grubu, içinde yaşadığı ekosistem incelenmeden anlaşılamaz. Holistik yaklaşım bir ekosistemin her üyesinin oynadığı tüm rolleri ve o sistemin öteki sistemlerle nasıl etkileştiğini inceler. İklim, jeoloji, su ve mineral girdisi ile insan faaliyeti canlı toplulukları etkiler – ve onlardan etkilenir.

Odum insanlığın yol açtığı çevresel yıkıma ilişkin farkındalığın arttığı 1950'lerde ve 60'larda yazıyordu. İnsanların rolü, kendi ifadesiyle "sistemler ekolojisi"nin önemli bir parçasıydı. Odum insanlardan doğanın anlayışlı müttefiki –işleticisi değil işbirlikçisi– olmalarını istedi ve her şeyi kucaklayan ekoloji görüşü 1970'te kutlanan ilk Dünya Gününe ilham verdi.

Odum'un holistik "yeni ekoloji" kavramı dünyayı bir bütün olarak ele alır; fiziği, kimyayı, botaniği, zoolojiyi, jeolojiyi ve meteorolojiyi bir araya getirir. Ekolojinin temel varsayımları şunlar: Ekosistem doğanın temel birimidir, biyolojik çeşitlilik ekosistemlerin hayatta kalma yeteneğini artırır ve bütün, parçaların toplamından büyüktür. Doğal dünyada sistemler –ister bir hayvanın vücudundaki hücre grupları, ister bütün bir hayvan, ister hayvanın içinde yaşadığı ekosistem olsun– kendi kendini düzenleyip istikrar sağlayabilir.

> ... ekoloji kötü sunulmuştur ve parçalanıp çok fazla sayıda düşman alt bölümlere ayrılmıştır.
>
> **Eugene Odum**

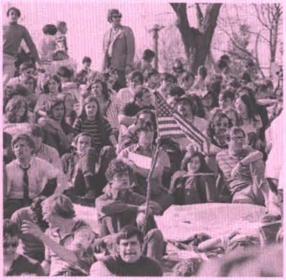
Tümleşik araştırma

Bir göl ekosistemini holistik incelemek, enerji, su, mineral ve besin öğeleri dahil, göldeki ve kenarlarındaki tüm girdilere ve çıktılara bakmayı gerektirir. İnsan kaynaklı girdileri de irdeler. Hem bitkiler ve algler gibi üretici organizmaların hem otçullar ve etçiller gibi tüketicilerin oynadığı rolleri inceler. Holistik yaklaşım zaman içinde, kısa vadede bazı organizmalara yararı dokunan gelişmelerin gelecekte çeşitlilik yoksunluğuna yol açabildiği değişiklikleri de inceler. Örneğin alabalık ılık, alkalin sularda gelişmesine rağmen ekolojik değişimden ötürü bu sular çok ısınırsa ya da asidik olursa balık artık üremeyebilir.

Odum'un holistik yaklaşımı bir ekosistemde olup bitenlere ilişkin bir dizi bireysel tür araştırmasından çok daha ayrıntılı bir değerlendirmeyi miras bırakıyor. ■

Dünya Günü

ABD'li senatör Gaylord Nelson, 1969'da California'da, Santa Barbara'da korkunç bir petrol sızıntısına tanık olduktan sonra çevre üzerine ulusal bir "tartışma" sırasında kirlenmeyle ilgili artan endişelere odaklanmaya karar verdi. İlham vereceği hareketin büyüklüğünü tahayyül edemezdi. 22 Nisan 1970'te 20 milyon Amerikalı ülke çapında gerçekleşen toplantılarla, yürüyüşlerle ve konferanslarla ilk Dünya Gününe katıldı. Protestoların etkisi o kadar büyük oldu ki Temiz Hava, Temiz Su ve Tehlike Altındaki Türler yasaları o yıl çıktı ve Aralıkta ABD'de Çevre Koruma Ajansı kuruldu. Dünya Günü 1990'da 141 ülkede 200 milyon kişinin katıldığı küresel bir fenomen haline geldi – ve Rio de Janeiro'da 1992 BM Dünya Zirvesine ivme kazandırdı. Dünya Günü her nisan ayında farklı bir temayla kutlanır. 2018'de odak noktası, plastikle küresel kirlenmeye son vermekti.



22 Nisan 1970'te ilk Dünya Günü, Philadelphia'da, ABD'nin her tarafından, kirlenmeyi ve pestisit kullanımını protesto etmek için toplanan buna benzer kalabalıklar gördü.



LEVHA TEKTONİĞİ TÜMDEN ZARAR VE YIKIM DEĞİLDİR

HAREKET EDEN KITALAR VE EVRİM

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Alfred Wegener (1880–1930)

ÖNCE
1596 Hollandalı bilgin Abraham Ortelius, Atlantik okyanusunun iki yakasının birbirine "denk geliyor" gibi göründüğünü gözlemleyen birkaç coğrafyacıdan biridir.

SONRA
1929 İngiliz jeolog Arthur Holmes Dünya'nın mantosundaki ısı yayımının (konveksiyon) kıtaları kaydırdığını öne sürer.

1943 George Gaylord Simpson kıtaların kaymasına ilişkin fosil kanıtları önemsemez ve "istikrarlı kıtalar"ı savunur.

1962 Amerikalı jeolog Harry Hess aşağıdan yükselen eriyik magmayla deniz tabanına nasıl yayıldığını açıklar.

2015 Bir grup Avustralyalı bilim insanı tektonik levhalar arasındaki çarpışmaların okyanuslarda hızlı evrim dönemlerini tetiklediğini öne sürer.

Dünya'nın yüzeyi çok yavaş bir biçimde durmadan hareket ediyor ve üç milyar yıldan fazla bir süredir bunu yapıyor. Litosfer (Dünya'nın kabuğu ve üst mantosu) tektonik levha denilen yedi büyük ve çok sayıda daha küçük parçaya bölünmüştür. Levhaların buluştuğu yerde hareketin tipi sınırın doğasını belirler. Levhaların abanıp birbirini ittiği yerde yeni dağlar oluşur. Levhalar ayrılıp uzaklaşırsa okyanus tabanında yeni kabuk oluşur.

Kıtaların şu anda bulundukları konumlarda her zaman olmayabileceğine dair ilk kuşku 16. yüzyılın sonunda geldi. Amerika'ya yelken açan Avrupalı kâşifler yeni çizilen haritalarında, Atlantik okyanusunun her iki yakasındaki kıyı şeridinin birbirinin aynası olduğunu gördüler. Sonra jeologlar Kuzey Avrupa'nın Kaledoniyen dağ oluşumları ile Kuzey Amerika'nın Apalaş dağları arasında güçlü yapısal ve jeolojik benzerlikler buldu.

Benzer fosiller

Farklı kıtalarda bulunan çeşitli fosil buluntu örnekleri vardır; bunlar ancak kıtaların hareketiyle açıklanabilir çünkü söz konusu bitkiler ya da hayvanlar aradaki okyanusu geçemezdi. Bunların arasında 200 milyon yıl önce Güney Afrika'da ve Güney Amerika'nın doğusunda yaşayan, sürüngene benzer bir memeli olan *Cynognathus crateronotus* da vardır. Bir odunsu ağaç cinsi olan *Glossopteris*, 300 milyon yıl önce Güney Amerika, Güney Afrika, Avustralya, Hindistan ve Antarktika'da yetişiyordu ama başka hiçbir yerde yetişmiyordu.



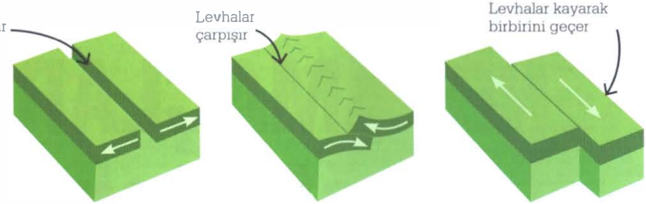
Soyu tükenmiş sürüngen *Cynognathus crateronotus*'un bu fosilleşmiş başı, Güney Afrika'da bulundu. Aynı fosiller Güney Amerika'da da bulunuyor: İki kıtanın eskiden tek kıta olduğunun kanıtı.

Alman jeofizikçi Alfred Wegener'e göre bu tür fosil örnekleri, bu kıtaların bir zamanlar bitişik olduğunun işaretiydi. 1915'te tüm kıtaların eskiden tek bir kara kütlesi, "Pangaea" olduğunu ve ondan

Ayrıca bkz: Ada biyocoğrafyası 144–149 ▪ Türlerin uzay ve zaman dağılımı 162–163 ▪ Makro-ekoloji 185 ▪ Meta-popülasyonlar 186–187 ▪ Biyocoğrafya 200–201

Üç tip levha sınırı

Tektonik levhalar üç farklı şekilde hareket edip farklı sınır tipleri oluşturabilir. Levhalar birbirinden uzaklaşınca yeni okyanus kabuğu oluşur. Yakınlaştıklarında yeni dağlar oluşur. Levhalar kayarak birbirini geçtiğinde çatlak, transform fay olarak bilinir.



sonra parçalanıp ayrıldığını öne süren teorisini yayımladı. Wegener'in teorisi başlangıçta iyi karşılanmadı. 1943'te ABD'de en nüfuzlu paleontologlardan biri olan George Gaylord Simpson teoriyi eleştirdi. Fosil kalıntıların, periyodik taşkınla birbirine bağlanan ve bağlantısı kopan durağan kıtalarla açıklanabileceğini savundu.

Kanıtlar ve evrim

Başlangıçtaki kuşkulara rağmen, levha tektoniği teorisi lehine kanıtlar arttı. Bir dizi keşif, deniz tabanının yayıldığını ve aralıksız yeni okyanus kabuğu yaratıldığını kanıtladı. Tektonik levha hareketine, gezegenin derinindeki ısıyı yüzeye taşıyan konveksiyon akıntılarının neden olduğunu biliyoruz.

Wegener'in teorisi kabul edilince fosil kanıtlar daha iyi anlam ifade etti. Kıtaların kayması, türlerin evrimini köklü bir biçimde etkiledi. Örneğin, bir kıta bölünüp parçalara ayrılırsa bir türün ayrılmış iki popülasyonu tamamen farklı yönlerde evrilmeye başlayabilir. Diğer yanda iki kıta çarpışır ya da aralarında bir kara köprüsü oluşursa farklı türler birbirine karışmaya ve rekabet etmeye başlar ve sonuç olarak bazılarının soyu tükenebilir. ▪

> Kıtaları yerinden oynatan kuvvetler büyük sıradağları meydana getirenlerle aynıdır.
> **Alfred Wegener**



Keseli hayvanlar Avustralya'yla özdeşleştirilir ama Amerika'da evrildiler ve orada hâlâ bulunuyorlar.

Amerika ve Avustralya'da keseli hayvanlar

Keseli hayvanlar, gebelik döneminde yavruları tipik olarak annenin göbeğindeki bir kesenin içinde annenin memelerinden beslenen plasentasız memelilerdir. Şimdi yalnızca Amerika'da (esas olarak Güney ve Orta Amerika) ve Avustralya'da bulunan keselilerin 100 milyon yıl önce Kuzey Amerika'da evrildikleri düşünülüyor. Güney Amerika'ya yayıldılar ve çeşitlenip birçok türe ayrıldılar.

Daha sonra birkaç grup, şimdi Antarktika olan yere ve Güney Avustralya'ya göçtü. Eskiden Gondwana denilen güney kara kütlesinin bir parçası olan bu üç alan arasında bulunan bir bitki örtüsü kuşağı üzerinden seyahat ettikleri düşünülüyor.

55 milyon yıl önce kıtalar ayrılmıştı ve keseli türler farklı evrim geçirmeye başladı. Antarktika'ya ait bilinen tek keseli hayvan fosilleri, Seymour adasında 40 milyon yaşındaki kayaçlarda bulunan fosiller aynı dönemin Güney Amerika keselilerine benzer ama Avustralya'dakilere benzemez.

YAŞAM, DÜNYAYI KENDİ AMAÇLARI İÇİN DEĞİŞTİRİR

GAİA HİPOTEZİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
James Lovelock (1919–)

ÖNCE
1935 İngiliz botanikçi Arthur Tansley birbirine bağımlı bir biyolojik ve biyolojik olmayan bileşenler topluluğunu tarif etmek için "ekosistem" terimini kullanır.

1953 Amerikalı çevrebilimci Eugene Odum, *Ekolojinin Temel İlkeleri*'nde Dünya'yı, iç içe geçen bir ekosistemler derlemesi olarak tarif eder.

SONRA
1985 ABD'de Gaia hipotezi üzerine ilk konferans, "Dünya Canlı Bir Organizma mıdır?" başlığıyla düzenlenir.

2004 James Lovelock yenilenebilir enerji yerine nükleer enerjiyi desteklediğini dillendirir.

1979'da İngiliz bilim insanı James Lovelock, *Gaia: Dünyadaki Yaşama Yeni Bir Bakış* kitabında kendi Gaia hipotezini genel okura sundu. Özünde Lovelock, dünyanın, içinde canlı ve cansız öğelerin birleşip yaşamı desteklediği, kendi kendini düzenleyen tek bir sistem olduğunu iddia etti. Kitap kısa sürede çok satan listesine girdi, büyümekte olan Yeşil Hareketi'nin ilgisini çekti ve çevreciliğe yeni bir yaklaşım sundu.

Lovelock'un önerdiği emsalsiz değildi. 1920'lerde Rus bilim insanı Vladimir Vernadsky biyosfer –dünyanın tüm canlı organizmalarını tutan kısmı– düşüncesini geliştirmiş, bunun organik ve inorganik öğelerin etkileştiği tek bir

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Evrimsel açıdan kararlı durum 154–155 ▪ Biyosfer 204–205 ▪ Holistik bir dünya görüşü 210–211

> Evrim sıkı bir biçimde eşli bir danstır; partnerler yaşam ve maddi çevredir. Danstan, Gaia kendiliği doğar
> **James Lovelock**

kendilik olarak görülebileceğini öne sürmüştü. İngiliz botanikçi Arthur Tansley 1930'larda bir denge durumunda kendi kendini düzenleyen "ekosistem" kavramıyla, bu düşünceyi daha da ileri götürdü.

Lovelock'un hipotezinin merkezinde Tansley'in teorisi vardı. Hipoteze göre, tüm canlı organizmalar ve çevreleri, Dünya'da yaşamı sürdürmek için koşulları düzenleyen ve dengeleyen karmaşık bir süper-ekosistem oluşturur. Bu düşünce ilk kez 1960'ların sonunda Lovelock'un aklına geldi ama konuyu ABD'li mikrobiyolog Lynn Margulis'le tanıştıktan sonra şekillenmeye başladı. İkisi birlikte, 1974'te bir bildiriyle hipotezi sundu ve yazar William Golding'in önerisiyle ona bir ad verdi – Gaia, Antik Yunan toprak tanrıçasının adı. Lovelock ve Margulis Dünya'yı biyosferden (canlı organizmalar), pedosferden (Dünya'nın yüzey tabakası), hidrosferden (Dünya'nın yüzeyindeki su kütleleri) ve atmosferden (Dünya'nın etrafını saran gazlar) oluşan canlı bir kendilik olarak tasvir etti. Bu tabakalar ve karmaşık etkileşimleri dünyayı "dengeleşimde" (homeostazi) tutar. Psikolojiden ödünç alınan dengeleşim kavramı, ısı ve kimyasal bileşim gibi, organizmanın optimal olarak çalışmasına olanak sağlayan istikrarlı iç koşulları tasvir eder. Kendi kendini düzenleyen ve koşullarda meydana gelen değişikliğe tepki veren mekanizmalar o koşulları kontrol eder. Lovelock'un dengeleşim sözcüğünü kullanması Dünya'nın ya da Gaia'nın yaşayan bir kendilik olduğu imasını güçlendirmekteydi.

Dengeyi korumak

Gaia ilkesindeki mistisizm iması o zamanın "New Age" düşüncesine uygundu. Bu, düşüncenin popülerleşmesine yardımcı oldu ama bilim kurumunca olumsuz karşılanma-



Bir taş kabartma, Yunan toprak tanrıçası Gaia'yı gösteriyor. Lovelock'ın kendi hipotezi için bilimsel olmayan bir ad seçmiş olması, başlangıçta birçok bilim insanı tarafından kabullenilmesine engel oldu.



James Lovelock

Jules Verne ve H.G. Wells gibi yazarlardan esinlenen 1919 doğumlu James Lovelock erken yaşta bilime ve keşif yapmaya merak sardı. 1941'de Manchester Üniversitesi Kimya Bölümünden mezun oldu. Lovelock II. Dünya Savaşı sırasında bir vicdani retçiydi ve Londra'da Ulusul Tıbbi Araştırmalar Enstitüsünde çalıştı. 1948'de tıpta doktora derecesi aldı ve ardından bir Rockefeller bursuyla ABD'de zaman geçirdi. 1955'te İngiltere'ye döndükten sonra, dikkatini icatlara, özellikle bir gaz örneğindeki atom zerrelerini saptayan elektron yakalama dedektörüne yöneltti. 1960'larda ve 1970'lerde Houston, Texas'ta ve İngiltere, Reading'de konuk profesörlük yaptı ve bu sırada Gaia hipotezini geliştirdi. 2003'te Kraliçe II. Elizabeth, Lovelock'a Onursal Liyakat Nişanı verdi.

Önemli eserleri

1988 *The Ages of Gaia*
1991 *Gaia: The Practical Science of Planetary Medicine*
2009 *The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning*

Papatya-dünyası

Başlangıçta bilim insanları Gaia hipotezini, biyosferdeki ekosistemlerin toplu olarak Dünya'nın çevresini etkileyebileceği varsayımı nedeniyle eleştirdi. Bu yüzden Gaia teorisinin inandırıcılığını güçlendirmek için 1983'te James Lovelock ve İngiliz bilim insanı Andrew Watson açıklayıcı bir model, Papatya-dünyası ("Daisyworld") modeli üretti.

Papatya-dünyası, bir Güneş'in yörüngesinde dönen çorak bir gezegendir. Güneş ışınlarının yoğunluğu artınca siyah papatyalar yetişmeye başlar. Bu papatyalar ısıyı emer ve gezegenin yüzeyini beyaz papatyalar yetişebilecek kadar ısıtır. Beyaz papatyalar da Güneş enerjisini yansıtır, dolayısıyla yeri soğutur. İki papatya türü bir denge noktasına ulaşır ve bu şekilde gezegenin sıcaklığını düzenler. Güneş ısısı daha fazla artınca Güneş ışığını yansıtabilen ve soğuk kalabilen beyaz papatyalar siyah papatyaların yerini alır. Sonunda Güneş o kadar çok ısıtır ki, beyaz papatyalar bile varlığını sürdüremez.

sına da yol açtı. Bununla birlikte, toprak tanrıçası metaforunun arkasında bilime dayanan ciddi bir hipotez vardı: Canlı organizmalar ile fiziksel çevrelerinin – oksijen, karbon, nitrojen ve kükürt döngüleri dahil– etkileşimi, çevreyi istikrarlılaştıran dinamik bir sistem oluşturur.

Lovelock'a göre Gaia, "geribesleme döngüleri"yle kontrol edilir; bu döngüler, sistemdeki rahatsızlıkları telafi edip denge durumuna geri getiren denge ve denetim mekanizmalarıdır. Dünyadaki yaşam, çevresindeki su, sıcaklık,



Gaia hipotezinde, yaşamı desteklediği bilinen tek gezegen olan Dünya'nın kendisi, denizin, karanın ve atmosferin birlikte çalışıp doğru yaşam koşullarını sürdürdüğü bir "süper-organizma"dır.

oksijen, asit ve tuz gibi değişkenlerin belirli bir dengesine bağlıdır. Bunlar sabit olduğunda dünya istikrarlı bir dengeleşim durumundadır ama denge bozulursa gezegen, dengeyi geri getirecek organizmaları desteklerken rahatsızlığı güçlendirenlere düşman olur. Dünya sisteminin organik bileşenleri kendi çevrelerindeki değişikliklere yalnızca tepki göstermekle kalmaz, aynı zamanda onları kontrol edip düzenler de.

Bu geribesleme mekanizmaları, birbiriyle bağlantılı doğal döngülerden oluşan karmaşık bir küresel ağ şeklinde çalışıp içindeki organizmalar için optimum koşulları sürdürür. Değişime direnebilirler ama yalnızca belli bir noktaya kadar. Yeterince büyük bir müdahale, sistemi bir "devrilme noktası"na itebilir; bu noktada, bileşenlerinin dengesinin değişmesiyle birlikte sistemin çok farklı bir denge durumuna oturması olasıdır. Lovelock'a göre böyle bir devrilme noktası yaklaşık 2,5 milyar yıl önce, Arkeen Zamanın sonunda Dünya'da oksijen ilk kez ortaya çıktığında gerçekleşti. O sırada Dünya yalnızca metan üreten bakterilerin yaşadığı, sıcak,

> Nükleer bir savaş olsaydı ve insanlık yok olsaydı Dünya rahat bir nefes alırdı
> **James Lovelock**

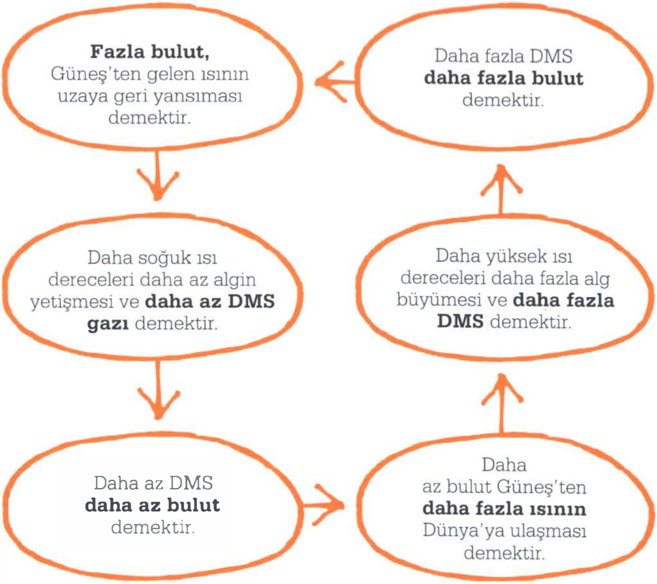
asidik bir yerdi. Fotosentez yapabilen bakteriler daha sonra evrildi ve daha karmaşık yaşam formlarına uygun bir atmosfer yarattı. Sonunda, dünyada bugün var olan denge koşulları kuruldu.

Gezegeni kurtarma

Lovelock konuyu ayrıntılandırdıkça bilim kurumu Gaia hipotezini kabul etmeye başladı. 1980'lerde bir dizi "Gaia konferansı"na farklı disiplinlerden, dengelemeye ulaşmak için dünyanın çevresini düzenleyen mekanizmaları araştırmak isteyen bilim insanları katıldı. Daha sonra hipotezin iklim değişikliği karşısındaki içerimlerine bakılmaya daha fazla ilgi gösterildi. İnsan faaliyetinin Gaia'nın sistemini rahatsız ettiği gösterilmişti; şimdi ise sorun, sistemin düzenleyici mekanizmalarının daha fazla baskıya dayanıp dayanamayacağı – ya da dünyanın ikinci bir geri dönülmez devrilme noktasıyla karşı karşıya olup olmadığıydı.

Gaia'yı ilk benimseyenler arasında olan çevreciler insan türünün dünyanın dengesinde yıkıcı bir değişimi başlatabileceğine dair teoriye dehşetle tepki verdi. Yeşil aktivistlerin şiarı "Gezegeni koru!" oldu ama bu, Gaia'nın temel düşüncesine aykırıydı. Doğal habitatların imhası, aşırı fosil yakıt kullanımı, biyolojik çeşitliliğin azalması ve insan-yapımı diğer tehditlerin birçok tür –insan dahil– için ağır sonuçlar doğurması olasıydı ama Gaia hipotezine göre, gezegen hayatta kalacak ve yeni bir denge bulacaktı. ■

Bir alg geribesleme döngüsü



Gaia teorisinde geribesleme döngüleri Dünya'yı dengede tutar. Kokolitofor denilen deniz alginin, gezegenin iklimini kontrol altında tutma üzerindeki etkisi, bir örnektir. Algler ölünce bulut yaratmaya yardımcı olan bir gaz, dimetil sülfat (DMS) gazı salar.



Nükleer enerji santralleri bol miktarda "temiz" enerji üretir ama toksik atık da üretir. James Lovelock'a göre Dünya, atığın radyoaktif etkilerini emebilir ve üstesinden gelebilir.

65 MİLYON YIL ÖNCE BİR ŞEY DÜNYA'DAKİ TÜM YAŞAMIN YARISINI ÖLDÜRDÜ

KİTLESEL YOK OLUŞLAR



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Luis Alvarez (1911–88)

ÖNCE
1953 Amerikalı jeologlar Allan O. Kelly ve Frank Dachille, *Target: Earth* kitabında dinozorların kitlesel yok oluşundan bir meteor çarpmasının sorumlu olabileceğini öne sürer.

SONRA
1991 Güneydoğu Meksika'da Yucatan yarımadasının kuzeyinde bulunan Chicxulub kraterinin, Kretase döneminin sonunda büyük bir kuyrukluyıldızın ya da meteorun çarptığı alan olduğu öne sürülüyor.

2010 Uluslararası bir bilim insanları kurulu, Chicxulub çarpmasının Kretase-Paleojen dönemde, yaklaşık 65 milyon yıl önce kitlesel yok oluşa yol açtığını kabul eder.



Kratesi döneminin sonunda Dünya'ya çarpan meteor, saatte 64.000 km hızla yol alıyordu. Gücü Hiroşima'ya atılan atom bombasından bir milyar kat büyüktü.

Dünya tarihinde, anormal ölçüde çok sayıda çokhücreli organizmanın görece kısa bir zamanda ölüp yok olduğu beş dönem vardı. Çokhücreli organizmaların fosillerini saptamak tekhücrelilerden daha kolay olduğu için bu kitlesel yok oluşlar, çokhücreli hayvanların ve bitkilerin yok olmasına göre tanımlanır.

Genel ("geçmiş") yok oluş oranı yılda bir ile beş tür arasındadır. Örneğin, fosil kalıntılar, her milyon yılda deniz hayvanlarının iki ila beş familyasının soyunun tükendiğini gösteriyor. İki jeolojik dönem arasındaki sınırın işareti olan kitlesel yok oluşlar sırasında bu rakam çok aşılır. Bilim insanları bu olaylardan sorumlu faktörlerin tümünü bilmiyorlar ama

499 milyon yıl önceden günümüze kitlesel yok oluş olayları

ORDOVİSİYEN	SİLURİYEN	DEVONİYEN	KARBONİFER	PERMİYEN	TRİYAS	JURA	KRETASE (K)	PALEOJEN	NEOJEN
486–444	444–419	419–359	359–299	299–252	252–201	201–145	145-66	66-23	23-03

Ordovisiyen
Küresel soğuma deniz yaşamının yüzde 85'inin yok olmasına yol açar.

Geç Devoniyen
Deniz seviyesinde hızlı bir düşüş, hayvan türlerinin yüzde 70-80'inin kaybolmasının olası birçok nedeninden biridir.

Permiyen
Büyük volkanik faaliyet, tüm deniz türlerinin yüzde 96'sının silinmesine yardımcı olur.

Triyas
İklim değişikliği ya da bir asteroit çarpması türlerin yüzde 75 kadarının yok olmasının potansiyel nedenleridir.

Kretase
Bir meteor çarpması ve volkanik faaliyet, pek çok dinozor da dahil, hayvanların yüzde 80 kadarını yok almaya iter.

Ayrıca bkz: Eski buzul çağları 198–199 ▪ Hareket eden kıtalar ve evrim 212–213 ▪ Gaia hipotezi 214–217 ▪ Okyanus asitlenmesi 281

> Tüm jeolojik tarih, türlerin başlangıçlarıyla ve sonlarıyla –ilk ve son günleriyle– doludur.
>
> **Hugh Miller**
> ***İskoç jeolog***

bazılarında hemfikirler. Artan volkanik faaliyet atmosferin ve okyanusların bileşimindeki değişiklikler, iklim değişikliği, deniz seviyesindeki yükseliş ve düşüşler, kıtaların tektonik hareketi ve meteor çarpması olası nedenlerdir. Bazı bilim insanları altıncı bir kitlesel yok oluş sürecine girdiğimizi öne sürüyorlar – bu kez insan faaliyetinin sonucu.

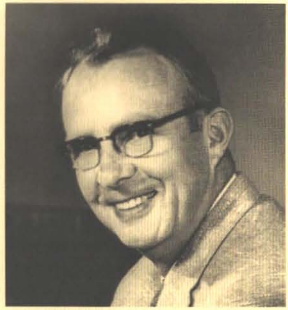
Dinozorların sonu

Bilim insanlarının en iyi bildiği kitlesel yok oluş en yakın olanıdır – yaklaşık 66 milyon yıl önce. Kretase döneminin sonunda ve Paleojen dönemin başında gerçekleştiği için jeologlar buna K-Pg yok oluşu diyor. 1950'lerde bu olay için dünya dışında bir kaynak öne sürülmesine rağmen bu, Avurpa ve Kuzey Amerika'da yapılan iki keşfe kadar ciddiye alınmadı.

1980'de İtalya'da çalışan, fizikçi Luis Alvarez ve jeolog oğlu Walter Alverez'in de içinde yer aldığı bir ekip, Kretase ve Paleojen katmanlar arasında kil bir tabaka keşfetti. Kil incelenince Dünya'da ender bulunan ama asteroitlerde yaygın olan iridyum minerali içerdiği anlaşıldı. Bu keşif, Kratese döneminin sonundaki yok oluşa bir meteor çarpmasının neden olduğunu öne süren Alvarez Hipotezine yol açtı. Çarpmanın yeri hâlâ bir sırdı; ta ki 11 yıl sonra Meksika'nın Yucatan yarımadasında yok oluş zamanına tarihlenen 170 km çapında büyük bir krater bulunana kadar.

Bilimsel oydaşmaya göre, büyük bir kuyrukluyıldız ya da asteroit Dünya'ya çarpıp bir radyasyon patlaması ve 100 metreden yüksek yıkıcı bir mega tsunami üretti. Radyasyon yakındaki hayvanları öldürdü ve mega tsunami Meksika körfezinin kıyı bölgelerini ortadan kaldırdı. Ne var ki ana hasar tedrici olacaktı. Büyük bir toz ve duman bulutu atmosfere yayılıp yıllarca Güneş ışığını engelleyecekti. Bitkiler fotosentez yapamadıkları için öldü ve mercan resiflerindeki algler de boyun eğip dünya çapında besin zincirini kopardı. Çarpma atmosfere sülfürikasit de saldı; bu

> üyük bir çarpmaya ilişkin çok güçlü fiziksel ve kimyasal kanıtlarımız vardır... yok olma ile çarpma, bir santimetre hassasiyetle çakışır.
>
> **Walter Alvarez**



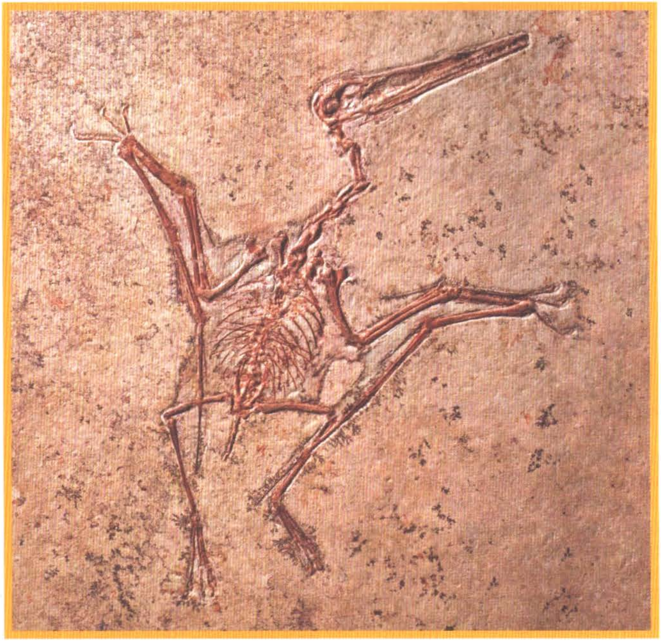
Luis Alvarez

20. yüzyılın en büyük fizikçilerinden biri sayılan Luis Alvarez 1911'de San Francisco'da doğdu. 1936'da Chicago Üniversitesinden mezun oldu ve Berkeley'de California Üniversitesinde Radyasyon Laboratuvarında çalışmaya gitti. Orada nükleer reaktörlerin ve II. Dünya Savaşı sırasında nükleer silahların geliştirilmesine yardım etti. Hiroşima'ya atom bombası atılmasına tanık oldu ve bir plutonyum bombasının yapılmasına yardım etti.

Savaştan sonra Alvarez yeni atomaltı parçacıkları keşfetmek için kullanılan sıvı hidrojenli kabarcık odasını geliştirdi. Bununla 1968'de Nobel Fizik Ödülünü aldı. Daha sonra, bir meteor çarpması nedeniyle kitlesel yok oluşa ilişkin Alvarez Hipotezini destekleyen hesaplamalar sundu. 1988'de öldü.

Önemli eserleri

1980 "Extraterrestrial Cause for the Cretaceous–Tertiary Extinction", *Science*
1985 "The Hydrogen Bubble Chamber and the Strange Resonances"
1987 *Alvarez: Adventures of a Physicst*



Birçok uçan dinozor, Kratese döneminin sonundaki K-Pg kitlesel yok oluşunu atlatmasına rağmen tüm uçan sürüngenler (pterozorlar) yok oldu, Dünya'daki 162 milyon yıllık varlıkları son buldu. .

durum asit yağmuru üretip okyanusları asitleştirdi ve deniz yaşamını yok etti. Aşağı yukarı aynı sırada çok büyük miktarda volkanik faaliyet Güney Hindistan'da 500.000 kilometrekarelik bir alanı lavla doldurup Dekkan platosunu oluşturdu, iklimi ve atmosferi değiştirdi.

K-Pg olayı, uçmayan tüm dinozorları yok etmesiyle ünlüdür. 25 kg'den daha ağır dört ayaklı hayvanların neredeyse tamamının ölümünden de sorumluydu. Bir istisna timsahlardı; yiyeceksizliğe uzun süre dayanabilen soğukkanlı (ektoterm) hayvan oldukları için hayatta kalmış olabilirler. Dinozorlar düzenli yemek yemeyi gerektiren hızlı bir metabolizmaya sahip sıcakkanlı (endoterm) hayvanlardı. Birçok bitki türü fotosentez yapamadığı için ölüp otçul dinozorları yiyeceksiz bıraktı; yırtıcı türler, av yokluğundan ötürü açlıktan öldü. Fotosenteze bağımlı olmayan mantarlar ise çoğaldı.

Okyanuslarda, fotosenteze dayanan yaşamsal bir besin kaynağı olan fitoplankton yok oldu. Fitoplanktonla beslenen yaratıklar yok olmakla karşı karşıya kaldı. Bu yaratıklar arasında, belemnitler ve ammonitler gibi kafadanbacaklılar ile mosasaur ve sauropterygia olarak bilinen deniz sürüngenleri vardı.

Deniz imhası

En eski ve ikinci en yıkıcı kitlesel yok oluş yaklaşık 444 milyon yıl önce, Ordovisiyen dönemin sonuna doğru gezegenimiz dramatik bir biçimde soğuyunca gerçekleşti. O sırada Dünya'daki organizmaların büyük çoğunluğu okyanuslarda yaşıyordu. Gondwana süper-kıtası yavaş yavaş Güney Kutbuna doğru kayınca dev bir buz tabakası oluşup küresel sıcaklıkları düşürdü. Gezegen suyunun çoğu buz olarak "hapsoldu"; deniz seviyeleri düştü ve Dünya yüzeyinin okyanuslarla kaplı alanı azaldı.

Sonuç olarak, sığ kıta sahanlığı sularında yaşayan deniz organizmaları özellikle yüksek oranda yok oluş yaşadı. Yüz binlerce yılla ayrılan en az iki doruk soy tükenme döneminde, kolsu-ayaklılar, yosun hayvanları, trilobitler, graptolitler ve derisidikenliler de dahil, deniz türlerinin yaklaşık yüzde 85'i ölüp yok oldu.

Yavaş yok oluş

Geç Devoniyen dönemde, yaklaşık 359 milyon yıl önce, bitkiler ve böcekler kıtaları kolonileştirdi ve okyanuslarda büyük organik

> Şimdiki yok oluşun kendine ait yeni bir nedeni vardır: bir asteroit ya da büyük bir volkanik patlama değil, 'işe yaramaz bir tür'
>
> **Elizabeth Kolbert**
> ***Amerikalı gazeteci***

resifler oluştu. Avramerika ve Gondwana kıtaları yakınlaşıp Pangaea olacak kıtayı –süper-kıtaların sonuncusu– oluşturuyordu. Bu dönemde, diğer kitlesel yok oluş olaylarından daha uzun bir zaman ölçeğinde, olasılıkla 25 milyon yıl içinde bir dizi yok oluş –olasılıkla yedi kadar– gerçekleşti.

Yok oluşların birçok nedeni olabilir: okyanuslarda azalan oksijen, deniz seviyelerinin düşmesi, atmosfer değişiklikleri, bitkilerin yayılmasıyla meydana gelen su kuruması ve asteroit çarpmaları. Okyanuslarda ve sığ denizlerde yaşayan pek çok organizma çok kötü etkilendi; resif yapan birçok organizma, kolsu ayaklılar, tribolitler ve graptolitlerin son türü ölüp yok oldu. Deniz türlerinin yaklaşık yüzde 75'i öldü ve mercanların büyük ölçekte kendilerini yeniden kurmaları 100 milyon yıl alacaktı.

"Büyük Ölüm"

En dramatik kitlesel yok oluş 252 milyon yıl önce, Permiyen dönemin sonunda gerçekleşti. "Büyük Ölüm" olarak da bilinen bu olay deniz türlerinin yüzde 96'sının ve karada yaşayan omurgalıların yüzde 70'inin kaybıyla sonuçlandı. Böcekler, tarihlerinde tek kitlesel yok oluşu yaşadı ve milyonlarca yıldır gerilemekte olan tribolitlerin sonuncuları fosil kalıntılardan görünmez oldu.

> Modellenmiş gelecek yok oluş oranlarının, Dünya'nın tarihsel jeolojik arka plan oranının 10.000 katı olacağı tahmin edilmektedir.
>
> **Ron Wagler**
> ***Amerikalı akademisyen***

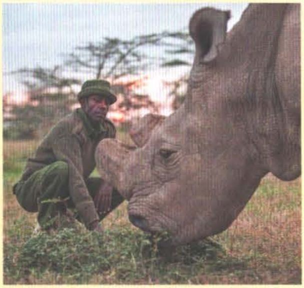
Kitlesel yok oluşun potansiyel nedenleri arasında asteroit çarpması ve okyanuslarda oksijen azalması yer alıyor. Bu yok oluş, Dünya'nın tarihinde en büyük volkanik faaliyetlerden biriyle de örtüştü. Yaklaşık 1 milyon yıl süren püskürmeler eski Sibirya'nın 2 milyon kilometrekareden fazlasını bazalt lavla kapladı. Bunun sonucunda oluşan sera gazları Dünya'nın atmosferini dönüştürdü, olasılıkla ağır küresel ısınmaya yol açtı ve türlerin soyunun tükenmesine katkıda bulundu.

Aşamalı kayıplar

Bugünkü tüm yaşam, Triyas dönemin başında geride kalan az sayıdaki türün devamıdır. Yaklaşık 201 milyon yıl önce son bulan dönemin son 18 milyon yılında, o sırada yaşadığı bilinen tüm hayvan türlerinin en az yarısı, iki ya da üç yok oluş evresinde silindi. Daha fazla bazalt püskürmenin neden olduğu iklim değişikliği ve bir asteroit çarpması neden olarak gösterilmektedir. Denizlerde birçok sürüngen, kafadanbacaklı, yumuşakça ve resif yapan organizma ölüp yok oldu. Karada sürüngene benzer arkozorların büyük çoğunluğunun ve birçok büyük amfibinin soyu tükendi. Özellikle arkozorların kaybı, dinozorların dolduracağı ekolojik nişler açtı. ■

Altıncı yok oluş

Bazı çevrebilimciler, hayvanların ve bitkilerin şimdiki yok oluş oranını, doğal arka plan oranın 100-1000 katı olarak hesaplamaktadır; artışın büyük bölümü doğrudan ya da dolaylı insan faaliyetinden kaynaklanmaktadır. Dünya'nın Holosen (şimdiki jeolojik çağın adı) yok oluşun ortasında olduğunu savunuyorlar. 18. yüzyılda Sanayi Devriminin başından bu yana birçok hayvan ve bitki türü kayboldu. Bu kayıpların nedeni habitat değişikliği, iklim değişikliği, aşırı avlanma, okyanus asitlenmesi, hava kirliliği ve besin zincirlerini bozan hayvanların sokulmasıydı. "Biyolojik çeşitliliğin babası" olarak bilinen Amerikalı çevrebilimci E.O. Wilson, tür ölümü şu andaki hızla devam ederse 2100'de tüm yüksek yaşam formlarının yarısının soyunun tükeneceğine inanıyor. İngiliz kökenli Amerikalı biyolog ve modern yok oluş uzmanı Stuart Pimm daha ihtiyatlıdır; böyle bir olayın eşiğinde olduğumuzu ve hâlâ harekete geçip durdurabileceğimizi iddia ediyor.



Sudan son erkek kuzey beyaz gergedanı 2018'de öldü. Kaçak avlanma, türü yok olmanın eşiğine getirdi.



TÜM YAKIT REZERVLERİNİ YAKMAK KONTROLDEN ÇIKAN SERAYI BAŞLATIR

ÇEVRESEL GERİBESLEME DÖNGÜLERİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
James Hansen (1941–)

ÖNCE
1875 *Climate and Change* kitabında İskoç bilim insanı James Croll eriyen buzun iklim-ısınma geribesleme etkisini açıklar.

1965 Kanadalı biyolog Charles Krebs birden artan, ardından çöken, tilkilerden korunan tarlafaresi popülasyonlarını gösteren "çit etkisi"ni keşfeder.

1969 Amerikalı gezegenbilimci Andrew Ingersoll, Venüs gezegeninin ısınmasına neden olan "kontrolden çıkan sera etkisi"ni aydınlatır.

SONRA
2018 Alaska'da çevrebilimciler daha önce donmuş olan göllerden artan metan salınımının küresel ısınmayı artıracağını öngörüyorlar.



Bir ekosistemin tüm parçaları birbirine bağımlıdır. Herhangi bir tür ya da habitat değişikliği, sistemi geri besler ve her şeyin başladığı bölüm de dahil, o sistemin tümünü etkiler. Başka bir deyişle, geribesleme bir döngü içinde dolaşır.

Bazı durumlarda döngü, değişimi kontrol altında tutar. Örneğin, yaprakbitleri çoğalırsa uğurböceklerine daha fazla besin sağlayıp uğurböceği sayısında bir artışa yol açarlar. Ama yaprakbitleriyle beslenen uğurböcekleri çoğalınca yaprakbiti sayısı tekrar düşer. Bu negatif geribeslemedir ve statükoyu sürdürmeye yardımcı olur.

Bazı vakalarda geribesleme, değişimi hızlandırabilir. Örneğin, yeni kolonileştirilen toprakta çalılar otların yerini almaya başlayabilir, onları gölgede bırakıp Güneş ışığından yoksun kılabilir ve büyümelerini yavaşlatabilir. Şimdi çalıların daha fazla suyu ve besin öğesi vardır, bu yüzden otların zararına gelişirler. Bu, pozitif geribeslemedir ve asli olarak istikrar bozucudur.

Geribesleme döngüleriyle ilgili düşünceler ilk kez 20. yüzyılın başında gelişti. Birbirinden bağımsız, yırtıcı ile av arasındaki etkileşim üzerine denklemler geliştiren

Ayrıca bkz: Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Rekabetçi dışlama ilkesi 52–53 ▪ Küresel ısınma 202–203 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321



Sağlıklı bir ekosistemde tavşan gibi avlar ile tilki gibi yırtıcılar arasında tekrarlayan bir sayı dalgalanması, sistemi dengeleyen negatif bir geribesleme döngüsü örneğidir.

İki matematikçinin –ABD'de Alfred Lotka (1880-1949) ve İtalyan Vito Volterra (1860-1940)– çalışmalarına dayanıyordu. Denklemleri, yırtıcıların sayısı azalınca av popülasyonunun hızla artacağını, av sayısı azalınca yırtıcılar aç kalacağı için yırtıcı popülasyonunun da azalacağını gösterdi. Sonuç, sabit bir yükselen ve düşen yırtıcı ve av popülasyonları döngüsüdür.

Sistemi dengeleme

Lotka ve Volterra'nın saptadığı yırtıcı-av döngüleri, tek yırtıcı ile av türleri arasındaki etkileşime odaklandı. Onların çalışmalarından bu yana, geribesleme döngüleri teorisi, tüm ekosistemleri kucaklayacak şekilde gelişti. Şimdi çevrebilimciler, negatif geribesleme döngülerinin tüm ekosistemlerin işleyişi bakımından merkezi önemde olduğunu, sistemin her parçasını doğal bir biçimde sürdürülebilirlik sınırları içinde tuttuğunu düşünüyor. Popülasyonlar, sistemin geri kalan kısmının onları taşıma kapasitesinin ötesine uzun süre geçemez. Bu yüzden negatif geribesleme bir ekosistemi düzenler ve istikrarlı tutar.

Pozitif geribesleme dengeli bir ekosistemi bozar. Bir kaynak fazlası ya da yırtıcı eksikliği olursa bir popülasyon serbestçe artabilir. Daha büyük bir popülasyon daha fazla doğuma ve dolayısıyla popülasyon artışında bir hızlanmaya yol açar.

Aynı şekilde pozitif geribesleme, hızlanmış bir popülasyon daralmasıyla sonuçlanabilir. Örneğin bir lagünde balık rezervleri azalırsa yerel halk konserve besin ithal etmeye başvurabilir. Konserve kutularının atıldığı çöplüklerden kaynaklı kirlenme lagüne sızıp balıkları öldürebilir – ve yerel halkı daha fazla zararlı konserve kutusu ithal etmeye teşvik edebilir. Yine de pozitif geribesleme döngüleri bazen "kısır"döngü haline gelen bir olaylar zincirini tetikleyebilir. Örneğin çürük bir zemine çalı ekilirse kökleri toprağı istikrara kavuşturup hem çalıların hem toprağın gelişmesine olanak sağlayabilir. ■

Feedback loops and climate change

Son yıllarda hızlanan ve yavaşlayan ısınma eğilimleri, iklim değişikliği biliminde geribesleme döngüleri düşüncesini öne çıkardı. 1988'de iklimbilimci James Hansen, ABD Kongresinde insan faaliyetlerinin neden olduğu küresel sıcaklıktaki artışlarla ilgili bir oturumda konuştu. O zamandan beri fosil yakıt yakmaya devam etmenin Dünya'nın ikliminde peş peşe felaket niteliğinde bir dizi pozitif geribesleme başlatıp 2009'da yayımladığı *Storms of My Grandchildren* kitabında açıkladığı "kontrolden çıkmış sera"ya yol açabileceği inancını dillendirmektedir.

Yeni açığa çıkan kara ve su eskiden buzun atmosfere yansıttığı ısıyı emdiği için kutuplardaki buz tabakasının erimesiyle, ısınma yaratan bir geribesleme döngüsü meydana gelir. Sibirya'nın donmuş toprağının erimesi de bir başka ısınma döngüsüdür. Sıcaklık artışları donmuş toprağı erittikçe atmosfere büyük miktarda metan (bir sera gazı) salınıp küresel ısınma hızlandırılabilir.



Grönland gibi kutup bölgeleri, 1980'den beri yaz buzunda yüzde 72'lik bir azalma gördü. Atmosferin ısınması ve yükselen deniz seviyeleri, sonuçta oluşan pozitif geribesleme döngüsünün parçalarıdır.

İNSAN FAKTÖR

Ü

1858 Sanayi Devrimi sırasında Londra'nın **"Büyük Pis Koku"**su, **hava ve su kirliliğini** durdurma mevzuatını teşvik eder.

1859 Avustralya'ya **tavşan** bırakılır; tavşan **popülasyonu patlaması** çevre için kaosla sonuçlanır.

1872 Dünyanın **ilk milli parkı**, ABD'de **Yellowstone**'da doğal habitatını korumak için yaratılır.

1955 İngiltere'de *The Times* gazetesi ilk kez **"çarpık kentleşme"** terimini kullanır.

1958 **Charles Keeling atmosferdeki karbondioksit düzeyinde** meydana gelen yıllık artışları kaydetmeye başlar.

1962 **Rachel Carson'ın** *Sessiz Bahar* kitabı, **pestisitlerin** çevre üzerindeki zararlı etkilerini açığa vurur.

1963 Gene Likens **su kalitesi ile yaşam formları** arasındaki ilişkiyi saptamak için çalışmaya başlar.

1979 Çin'de hızlı nüfus artışını kontrol etmek için **Tek Çocuk Politikası** başlatılır.

1987 Chico Mendes, Amazon yağmur ormanına zarar veren **projeleri fonlamaya son vermek** için ABD Kongresinde lobi yapar.

Bir zamanlar milyonlarca Londralının ürettiği ham pis su, onyıllarca Thames ırmağına döküldü; sonunda atık kokusu o kadar iğrençleşti ki 1858'de harekete geçmek gerekli oldu. Yeni bir kanalizasyon sistemi, pompalama istasyonları ve arıtma çalışmaları kentin temizliğini kökten dönüştürünce koleradon ve diğer bakteriyel enfeksiyonlardan ölümler ve hastalıklar dramatik bir biçimde azaldı ve ırmak daha temiz olmaya başladı.

İnsan faaliyeti çevreyi her zaman değiştirmiştir ama etkisi 18. yüzyılın ortasında, İngiltere'de başlayıp Avrupa'ya, Kuzey Amerika'ya ve ötesine yayılan Sanayi Devrimiyle birlikte dramatik bir biçimde arttı. Olumsuz etkiler genel olarak kirlilik, kaynakların ve habitatların yıkımı diye ayrılabilir.

İskoç-Amerikalı çevreci John Muir habitat bozulmasını ve yıkımını sorun olarak tanımlayan ilk kişilerden biriydi ve 1890'da California'da Yosemite vadisinin koruma altına alınmasını sağladı. Ne var ki, korumalı doğal çevre sayısındaki sürekli artışa rağmen 20. yüzyılda insan kalkınmasının yıkıcı baskıları daha da güçlendi.

Ağaçlar ve iklim değişikliği

İnşaat ve yakıt için gerekli kereste, tarım ve imar için temizlenmiş toprak talebi nedeniyle ormanlar özellikle ağır hasar gördü. Her yıl tahminen 140.000 kilometrekare – en büyük biyolojik çeşitliliği içeren– tropikal yağmur ormanı kesiliyor. Bilim insanları, ormanda yaşayan kaç türün "keşfedilmeden" ölüp yok olduğunu hiçbir zaman bilemeyecek.

Ormansızlaşma da küresel iklim değişikliğine katkıda bulunur. Ağaçlar fotosentez yaparken karbondioksit emer ve dışarıya oksijen verir. Ne var ki, daha az orman, atmosferde daha fazla CO2 kalması demektir ve bu da sera etkisini ve küresel ısınmayı teşvik eder.

Karbon ve diğer sera gazları, fosil yakıt yakan fabrikalardan ve arabalardan yayılır. 1958'den beri Amerikalı bilim insan Charles Keeling'in CO2 ölçümleri, CO2 salınımlarının hep daha hızlı bir oranda arttığını gösterdi. Bilim insanlarının küçük bir azınlığı insan faaliyetinin sorumlu olmadığını savunduğu halde iklim değişikliği kıtaları ısıtmıştır. Sonuçları, baharda erken yaprak ve çiçek açan ağaçlar da dahil, bazı orga-

1988
Işık kirliliğini önlemek için **Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği** kurulur.

1992
Kanada, balık rezervlerinin aşırı azalmasından ötürü **morina balıkçılığını durdurur.**

1997
Charles Moore "**Büyük Pasifik Çöp Alanı**" olarak anılan bir yüzen döküntü kütlesi bulur.

1999
Kurbağalarda yüksek ölüm oranları canlı amfibi ticaretinin azdırdığı virüslere bağlanır.

2003
Camille Parmesan ve Gary Yohe iklim değişikliği fenomeni "**bahar kayması**"nın kanıtlarını yayımlar.

2003
Araştırmalar, sanayileşme başladığından beri okyanus asitliğinin arttığını gösterir.

2008
Maude Barlow temiz suya küresel erişim kampanyasından ötürü Kanada'nın **en yüksek çevre nişanını** kazanır.

2014
Naomi Klein **doğal kaynakların azalmasından** ve iklim krizinden **büyük şirketleri** sorumlu tutar.

...nizmalara yararlı olabilir ama diğerleri için felaket olduğu anlaşılabilir.

Toksik kontrolleri

Verimi artırmak için DDT gibi pestisitlerin kullanılmasının bir çevre felaketi olduğu anlaşıldı: Bunlar zararlı olanların yanı sıra yararlı olan omurgasızların da kökünü kazıdı ve alıcı kuşları kısırlaştırdı. Rachel Carson'ın 1962'de çıkan kitabı Sessiz Bahar bu konuların birçoğuna ışık tuttu ve pestisit kullanımının kısmen yeniden düşünülmesine neden oldu. Diğer birçok çevrebilimcinin çalışması çevresel etkiyi hafifleten yasal denetimlerle sonuçlandı.

Gene Likens ve ekibi, daha önce balık zengini olan göllerin neden öldüğünü araştırırken sanayi bacalarından çıkan kükürtdioksit ve nitrojenoksit salınımlarının neden olduğu asit yağmurunun suçlu olduğunu buldular. Sonuç olarak ABD'de ve Avrupa'da salınımları kontrol eden yasalar çıkarıldı. ABD'li kimyacılar Frank Rowland ve Mario Molina klorof-lurokarbonların (CFC) atmosferdeki ozonu yok ettiğini gösterdikten sonra 1989'da CFC kullanımı dünya çapında yasaklandı.

Kumsalda yuva yapan kaplumbağaları, yarasaları ve göçmen kuşları etkileyen ışık kirliliğini kontrol etmenin daha zor olduğu anlaşıldı. Çevreye karşı sorumlu aydınlatma kampanyalarının ön safında Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği vardır.

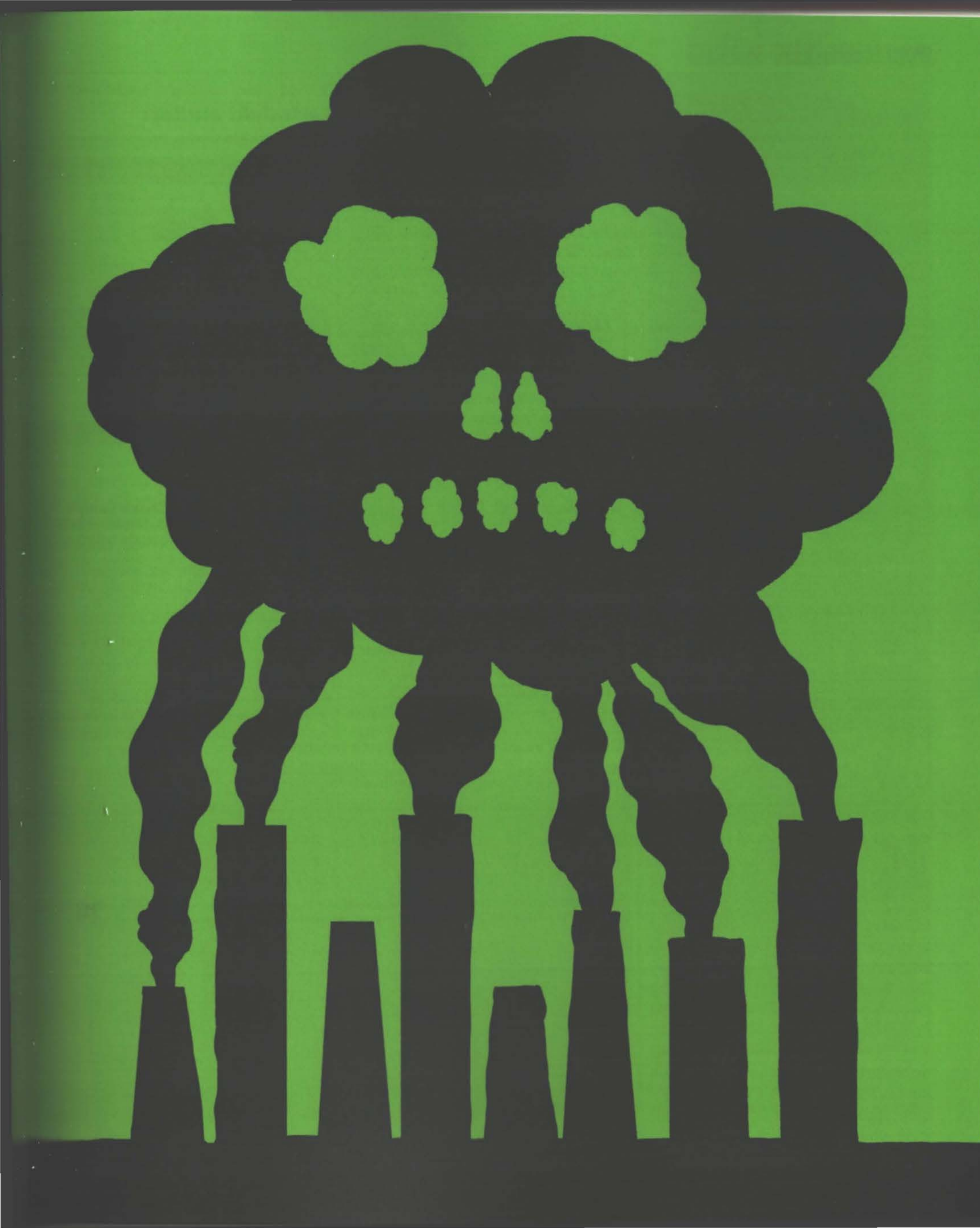
Azalan kaynaklar

Amerikalı çevrebilimci Garrett Hardin Dünya nüfusunun 3,6 milyar olduğu 1968'de nüfus fazlalığının tehlikeleri konusunda uyarıda bulundu. 2018'de Dünya nüfusu 7,6 milyara çıktı ve büyüme hızı epeyce yavaşlamasına rağmen sürekli artan doğal kaynak tüketimi ağaç, fosil yakıt, mineral, hatta balık rezervlerinin azalmasına yol açtı. Newfoundland açıklarında bir zamanlar bereketli olan morina balıkçılığının 1992'deki çöküşü, besin zincirimizin aşırı avlanmaya dayanıksızlığını gösterdi ve Kanada hükümetinin Grand Banks'te balıkçılık konusunda kesin bir moratoryum uygulamasına yol açtı.

Temiz su toplumun en temel ihtiyaçlarından biridir ama neredeyse 1 milyar insanın temiz suya erişimi yoktur. Gelişmekte olan bazı bölgelerde iklim ■

ÇEVRE KİRLİLİĞİ TEDAVİSİ OLMAYAN BİR HASTALIKTIR

KİRLİLİK



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Emma Johnston (1973–)

ÖNCE

1272 İngiltere kralı I. Edward çıkardığı dumandan ötürü Londra'da deniz kömürünün yakılmasını yasaklar.

19. yüzyıl İngiltere'nin Sanayi Devrimi sırasında kömür yakılması, çocuk gelişimini engeller ve solunum hastalıklarından ölüm oranlarını artırır.

SONRA

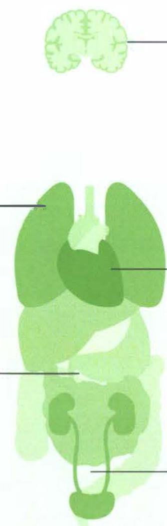
1956 İngiltere'de çıkarılan Temiz Hava Yasası büyük kentlere bela olan kalın kirli hava tabakalarına son verir.

1963 ABD'de Temiz Hava Yasası çıkarılır.

1972 ABD'de Temiz Su Yasası onaylanır.

1984 Bhopal'de Union Carbide India fabrikasından toksik gaz sızıntıları binlerce kişiyi öldürür ve daha fazlasını da yaralar.

Kirliliğin sağlık üzerindeki etkileri



Kirli hava ve su her yıl milyonlarca insanın ölümüne neden oluyor. Bu görsel, insan vücudunun farklı organlarına verilen zararı tasvir ediyor.

Kirlilik, havadaki toksinlerden deniz tabanındaki çöplere kadar birçok biçimde gelir. Atmosferin, okyanusların, suyun ya da toprağın kalitesini bozan her madde ya da enerji biçimi kirleticidir. Bunlar kimyasallar ya da biyolojik kirleticiler (insan atığı dahil), ürünler (plastik gibi) ya da gürültü, ışık ya da ısı olabilir. Kirliliğin her çeşit yaşam üzerindeki etkisi çok kapsamlı olabilir, ilk kaynağının binlerce kilometre ötesine yayılabilir. Kirlilik besin zinciriyle yayılabilir, hava ya da suyla taşınabilir ve tüm yaşamı etkileyebilir. Plastik gibi kirleticiler, Avustralyalı deniz biyoloğu Emma Johnston'ın keşfettiği gibi, yerli olmayan türlerin istilasını kolaylaştırabilir. İnsan sağlığı üzerinde doğrudan bir etkisi de vardır: Kirli havaya, suya ve toprağa maruz kalmanın, 2015'te 9 milyon erken ölüme –tüm ölümlerin altıda biri– neden olduğu hesaplanıyor.

Çağlar boyunca kirlilik

İnsan yapımı kirliliğin uzun bir tarihi vardır. Mağara duvarlarında binlerce yıl geriye dayanan islerin varlığı ilk insanların yaktıkları ateşle hava kirliliği yarattıklarına işaret ediyor. Grönland'de 2.500 yaşında buz çekirdeklerinin analizi, binlerce kilometre uzakta, Roma İmparatorluğunun merkezinde bakır eritmekten kaynaklı hava kirliliğinin kanıtlarını gösterdi. Ne var ki bu etkiler küçük ölçekliydi. Avrupa'da Sanayi Devriminin başlamasıyla birlikte hava ve su kirliliği ciddileşti. Fabrika bacaları havaya duman pompaladı, ırmaklara zehirli kimyasallar döküldü. Kentler hızla büyüdü ve hıfzıssıhhadan yoksundu. Londra'da Thames ırmağı

Ayrıca bkz: Pestisitlerin mirası 242–247 ▪ Asit yağmuru 248–249 ▪ Işık kirliliği 252–253 ▪ Bir plastik çöplüğü 284–285 ▪ Su krizi 286–291 ▪ Atık yönetimi 330–331

> Hava kirliliğini kontrol sistemleri, ekonomik kalkınmanın hâlâ gerisindedir.
> **Bob O'Keefe**

hem ev kullanımı için su kaynağıydı hem atık suların boşaltıldığı yerdi. Hastalıklar yayıldı, ırmak balıkları yok oldu ve koku bazen katlanılmaz oldu. Diğer kent merkezleri de fazla iyi değildi; örneğin 1870'te Berlin'de de benzer sağlıksız koşullar kaydedildi.

Amerika Birleşik Devletleri'nde temiz hava sağlamak için yasa çıkaran ilk iki kent 1881'de Chicago ve Cincinnati'ydi. O sırada Kuzey Amerika kentlerinde araba çeken 3 milyon atın gübresi su kaynaklarına sızıyor ve hastalık yapan sinek belasını üretiyordu. Atların yerini giderek içten yanmalı motorlarlar aldıkça otomobillerden ve kamyonlardan çıkan duman büyük bir sorun oldu. 1952'de Londra'nın pis havanın renginden ötürü "bezelye-sisi" olarak nitelenen Büyük Sisi, 4.000'den fazla kişiyi öldürdü.

Hava kirliliği

Gaz ya da aerosol denilen küçük parçacıklar gibi zararlı maddelerin atmosfere salınmasının sonucu olan hava kirliliğinin yanardağ ve orman yangınları gibi doğal nedenleri olabilir ama ana nedeni insan faaliyetidir. Esas hava kirleticiler, fosil yakıt yakan enerji santrali, fabrika, motorlu taşıt, ısınma



Hava kirliliği bakımından dünyanın en kötü 20 kentinin 14'ü Hindistan'dadır. Delhi'de Kasım 2017'de kalın sis tabakası hava kalitesini günde 50 sigara içmeye eşdeğer düzeye indirdi.

"Büyük Pis Koku"

19. yüzyılın başında Londra'daki Thames ırmağı dünyanın en kirli ırmağıydı. Sınai pislik ve insan atığı binlerce lağımla ırmağa boşaltılıyordu. İnsanlar yakınıyordu ama hükümet bir şey yapmıyordu. 1855'te bilim insanı Michael Faraday harekete geçmedikleri için politikacıları azarladı ama boşuna. Ne var ki, üç yıl sonra, sıcak bir yaz mevsimi 1858'in "Büyük Pis Koku"suna katkıda bulununca mesajı aldılar. Thames'e bitişik olan Parlamento çok etkilendi ve 18 günde yasa çıkarıldı.

İnşaat mühendisi Joseph Bazalgette yeni bir kanalizasyon sistemi tasarlamakla görevlendirildi. Sistem 160 km uzunluğunda, yeni arıtma tesislerine akan altı toplama kanalına dayanmaktaydı. Londra'nın çok büyük bölümü on yıl içinde sisteme bağlandı. Kanalizasyon sisteminin çoğu 150 yıl sonra bugün hâlâ çalışıyor.



Temmuz 1858'de *Punch* dergisinde, yayımlanan bu karikatürün başlığı "Sessiz Eşkıya"ydı. O sırada insanlar koleranın yayılmasını ırmakların kötü kokusuna bağlıyordu.

> Kirlilik, küresel ölçekte karşı karşıya kaldığımız, gelecekte topluma büyük maliyetleri olacak en büyük sorunlardan biridir.
>
> **Maria Neira**
> ***Dünya Sağlık Örgütü***

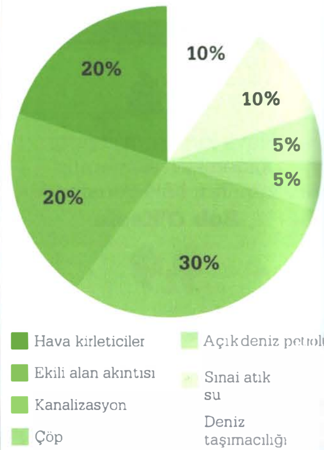
ve pişirme için yakılan odun ve tezek salınımları ile sığırlardan, çöplüklerden ve gübrelenmiş tarlalardan çıkan metandır. Kötü hava kalitesi insan sağlığına ve ekinlere zarar verir; bazı fosil yakıt salınımları, ormanları ve binlerce göldeki balıkları öldüren asit yağmuruna neden olur. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), dünyada her on kişiden dokuzunun yaygın hastalıklara ve alerjilere neden olan kirli hava soluduğunu tahmin ediyor. Dahası, parçacıkların bileşimine ve rengine bağlı olarak, bazı aerosoller Güneş ışımasının Dünya yüzeyine ulaşan miktarını bloke eder, dolayısıyla gezegende bir soğuma etkisi yaratır. Bu nedenle hava kirliliğini azaltma çabaları, küresel ısınmanın etkilerini daha da kötüleştirebilir.

Irmaklar, göller ve denizler

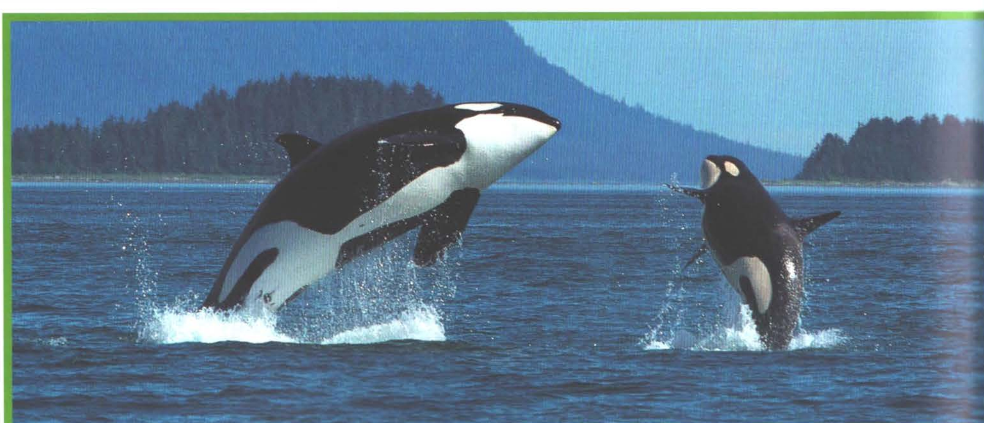
Yüzey suyu, yeraltı suyu ve okyanuslar sanayiden, tarım arazilerinden gelen kimyasal akıntılardan, plastik gibi çöplerden ve insan atığından kaynaklı toksik kimyasallarla kirlenir.

Bazı ırmaklar ve göller o kadar kirlidir ki hiçbir yaşamı destekleyemez, toplulukları temiz sudan ve besinden yoksun bırakır; çocuk felci, kolera, dizanteri ve tifo gibi suyla bulaşan hastalık riski taşır. DSÖ dünyada 2 milyar insanın insan atığı bulaşmış su içtiğini, bunun sonucunda yılda 500.000 kişinin öldüğünü tahmin ediyor.

Okyanuslara giren kirleticiler



Okyanuslarda en yıkıcı kirlilik, petrol tankerlerinin ve petrol terminallerinin karıştığı felaketlerden kaynaklandı. 1989'da Alaska açıklarında Exxon Valdez süper tankeri kayalıklara çarpıp parçalanınca Kuzey Pasifik'e 50 milyon litre (11 milyon varil) ham petrol boşaldı. Petrol tahminen 250.000 deniz



Orkaların soyları, PCB (poliklorinat bifenil) kirleticilerin bir sonucu olarak tükenebilir. Bu bileşik, besin zincirinde daha fazla yüksek bir düzeyde yoğunlaşır ve orkalar uç yırtıcıdır.

kuşunu, 2.800 su samurunu, 300 foku, 250 kel kartalı ve 22 katil balinayı boğdu ya da zehirledi. Milyarlarca somon ve ringa yumurtası da öldü. Daha kötüsü 1991'de Irak Savaşı sırasında geldi; Irak kuvvetleri denizdeki bir petrol terminalinin vanalarını açtı ve en az 1.700 milyon litre (380 milyon varil) ham petrolü Basra körfezine boşalttı. Bu tür felaketlerin uzun süreli etkileri hâlâ ortaya çıkıyor ve henüz tam olarak anlaşılmamıştır.

Ayrışmayan ürünlerimizin çoğu okyanusları boylar. 1950'lerden beri yaklaşık 8,3 milyar ton plastik üretildi ve bunun yalnızca beşte biri geri dönüştürüldü ya da yakıldı. Her yıl 8 milyon ton plastik, okyanuslara ulaşıyor ve büyük miktarda deniz hayvanının ölümünden sorumludur.

Maddi olmayan kirleticiler

İster ışık, ister gürültü, ister ısı olsun enerji biçiminde kirlilik, fiziksel atık ya da kimyasal salınımlar kadar müdahaleci olabilir. Binalardan, sokak lambalarından, taşıtlardan ve reklam panolarından kaynaklı ışık kirliliği ilk kez 1920'lerde New York'ta bir sorun olarak nitelendi. Örneğin, gececi yaban hayatı için sorunlara neden olabilir çünkü yırtıcı-av ilişkileri bozulur. Aşırı gürültü; kentlerde, uçakların uçuş yollarında, fabrikaların ve karayollarının yakınlarında çok rahatsız edici olabilir. Ama daha incelikli biçimde yaban hayatını da etkiler. Şimdi bazı kuşların gündüz olduğundan daha net işitilebildiği için gece öttüğüne dair kanıtlar vardır.

Atık ısı da zararlı olabilir. Fabrikalarda ya da enerji santrallerinde soğutucu olarak ırmak ya da deniz suyu kullanılınca kaynağa geri dönen sıcak su bir termal kirlenme biçimidir. Balıkları öldürebilir ve besin zincirinin bileşimini değiştirip biyolojik çeşitliliği azaltabilir.

Nükleer enerji, sera gazı üretmediği için bazen fosil yakıt enerjisinden daha "temiz" görülür ama binlerce ya da milyonlarca yıl radyoaktif kalan atıkla sonuçlanır. Nükleer enerji sanayi kaza riski de taşır. 1986'da Ukrayna'da Çernobil Nükleer Santralinde bir patlama düzinelerce insanı öldürdü ve Batı Avrupa'ya radyasyon yaydı. Bulaşmanın ekosistem ve insan sağlığı üzerinde yavaş azalan etkilerinin, bir yüzyıl süreceği öngörülüyor.

Azaltma önlemleri

Kirlilik sorununu halletmek zorlu bir iştir ve hem var olan kirliliği temizlemeyi hem kirliliği artırma oranımızı azaltacak değişiklikler yapmayı gerektirir. Fosil yakıtların yerine sürdürülebilir enerji geçirme, daha fazla geri dönüştürme ve tekrar kullanım, ayrışmaz malzemeyi ayrışabilir malzemeyle değiştirme, bu işin temel yanlarıdır. Bu, zaman alacaktır ama nihayetinde tüketim kültürümüzde temel bir değişikliği gerektirir. ■

> 2015'te kirlilik, AIDS'in, veremin ve sıtmanın toplamının üç katı kadar ölüme neden oldu.
> **Philip Landrigan**

Emma Johnston



1973'te doğan Avustralyalı deniz biyoloğu Emma Johnston, erken yaşta okyanuslara merak sardı. Doktorasını 2002'de deniz biyoloji alanında yaptı ve 2017'de Yeni Güney Galler Üniversitesinde (YGGÜ) Bilim Dekanı ve YGGÜ'nün, insanın deniz ekosistemleri üzerindeki etkilerini araştıran Uygulamalı Deniz ve Nehir Ağzı Ekolojisi Laboratuvarı Müdürü oldu.

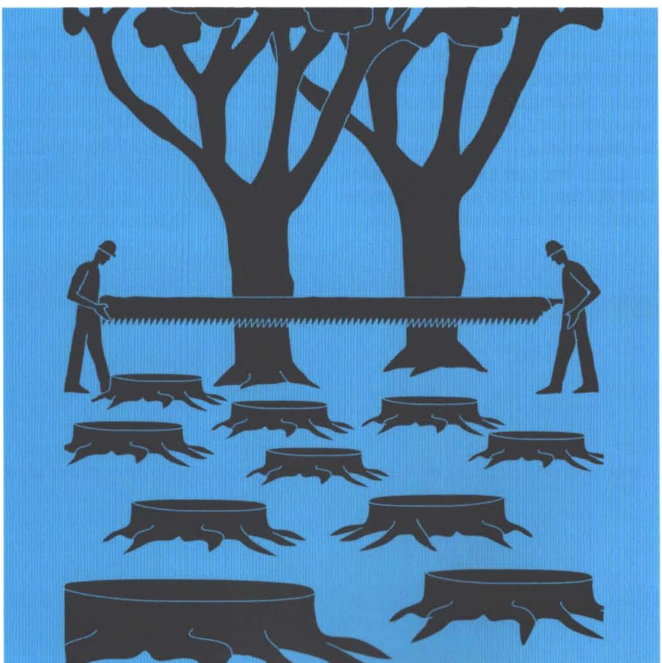
Johnston yerli olmayan türlerin, okyanusta yüzen plastik sallara yapışarak kıyı bölgelerinde su yollarını nasıl istila ettiklerini keşfetti. Ayrıca Antarktika'da deniz topluluklarını inceledi, yeni biyo-izleme teknikleri geliştirdi ve nehir ağzı biyolojik çeşitliliğinin yönetimi konusunda kuruluşlara danışmanlık yaptı.

Önemli eserleri

2009 "Contaminants reduce the richness and evenness of marine communities", *Environmental Pollution*
2017 "Building 'blue': an eco-engineering framework for foreshore developments", *Journal of Environmental Management*

TANRI BU AĞAÇLARI APTALLARDAN KURTARAMAZ

TEHLİKE ALTINDAKİ HABİTATLAR



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
John Muir (1838–1914)

ÖNCE
1872 Wyoming, Montana ve Idaho eyaletlerinde Yellowstone ulusal park ilan edilir – dünyada ilk

SONRA
1948 Bir hükümetler ve sivil toplum örgütleri ortaklığı olan Doğayı ve Doğal Kaynakları Korumak İçin Uluslararası Birlik (IUCN) kurulur.

1961 Tehlike altındaki türleri ve habitatları korumak için Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) kurulur.

1971 Sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için Birleşmiş Milletler tarafından İnsan ve Biyosfer Programı (MAB) kurulur. Küresel bir Biyosfer Koruma Alanları ağı vardır.

Doğal habitatları koruma hareketinin kökeni, "milli parkların babası" olarak nitelenen İskoç kökenli Amerikalı doğabilimci John Muir'e atfedilir. Kendisi vahşi yerlerin hayatta kalmak için yasal korumaya ihtiyacı olduğunu kavrayan ilk insanlardan biriydi. Dünyada birçok habitat tipinden bazıları diğerlerinden daha kırılgandır ama her biri, ister insan yapımı, ister doğal nedenle olsun, ister her ikisinden kaynaklansın, farklı tehditlerle karşı karşıyadır ve birçoğu ciddi ölçüde tehdit altındadır.

Kuşkusuz, habitatlar yıkıcı doğal olaylardan her zaman etkilenmiştir. Her yıl yıldırımlar büyük otlak ve orman yangılarını tetiklemektedir,

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Biyolojik çeşitliliğin sıcak noktaları 96–97 ▪ Biyomlar 206–209 ▪ Ormansızlaşma 254–259 ▪ Çevre etiği 306–307



Yosemite Milli Parkı 1890'da, John Muir'in çabaları sayesinde yaratıldı. Park; buzullarıyla, şelaleriyle ve El Capitan kayası gibi granit kaya oluşumlarıyla ünlüdür.

Kasırgalar ve ırmak taşkınları tahribat yaratabilir. Fırtına dalgaları, tatlı su bataklıklarını tuzlu bataklığa çeviren deniz taşkınları üretebilir. Yaklaşık 66 milyon yıl önce Meksika'da Chicxulub meteorunun çarpması o kadar büyük bir toz bulutu meydana getirdi ki Güneş ışığının yeryüzüne ulaşmasını engelledi. Bitkiler fotosentez yapmaya çabaladı ve aralarında dinozorların da bulunduğu birçok hayvanın soyu tükendi.

İnsan etkisi yalnızca yakın zamana ait bir konu da değildir. Tarih boyunca insanlar çevrelerini değiştirdi. Örneğin, ormansızlaştırma yeni bir sorun değildir. Avrupa'da tarım ve inşaat için ormanların kesilmesi binlerce yıl önce başladı ve Kuzey Amerika'da da benzeri oldu.

Bununla birlikte, modern insanın çevre üzerindeki etkisi emsalsizdir. Son 200 yılda insan nüfusu patladı. Bu, kentlerin hızla büyümesine, fosil yakıt ve hammadde çıkarılmasına dayanan büyük ölçekli sanayinin gelişmesine, daha fazla insanı beslemek için artan bir tarımsal talebe, çatışmalara ve savaşa yol açtı. Bütün bunlar doğal dünyaya zarar verdi.

Kırılgan eko-bölgeler

Şu anda dünyadaki başlıca habitat tiplerini saptamak için sıkça kullanılan kavram –biyomdan daha küçük, biyolojik çeşitlilik ölçüsü daha ayrıntılı– eko-bölge kavramıdır. Eko-bölgeler, coğrafi olarak ayrı bir türler, doğal topluluklar ve çevre koşulları karışımı içeren büyük kara ya da su birimleri olarak tanımlanır. Örnekleri arasında çöller, tropikal yağmur ormanları, ılıman kozalaklı



John Muir

1838'de İskoçya'da doğan John Muir çocukken doğaya karşı bir tutku geliştirdi. 11 yaşında ailesiyle birlikte ABD'de Wisconsin'e taşındı. 1867'de geçici görme kaybı yaşadığı bir kaza geçirdi ve ondan sonra "dünyayı farklı bir açıdan gördü." Yetenekli bir botanikçi, jeolog ve buzul uzmanı olan Muir, 1868'de California'da Yosemite vadisini ziyaret etti ve daha sonra vadiyi evcil koyun ("topnaklı çekirgeler" dediği) belasından korumaya karar verdi. 1903'te Muir, Başkan Roosevelt'i Yosemite vadisini gezmeye götürdü ve üç günlük gezi, Roosevelt'in ABD Orman Servisini yaratmasına ve 1916'da Ulusal Koruma Komisyonunu oluşturmasına esin kaynağı oldu. Muir 1914'te ölene kadar, 1899'da Milli Park olan Rainier dağı gibi toprakların korunmasını savunmaya devam etti.

Önemli eserleri

1874 *Studies in the Sierra*
1901 *Our National Parks*
1911 *My First Summer in the Sierra*

Doğal faktörler bir habitata baskı yapabilir.

↓

Baskılar arasında **fırtınalar, taşkınlar, yangınlar, volkanik faaliyet,** hatta **meteor çarpmaları** yer alır.

↓

İnsanlar bir **habitata baskı** yapabilir.

↓

Baskılar arasında **ormansızlaştırma, çarpık kentleşme, madencilik, sanayileşme, kirlilik ve** savaş yer alır.

↓

Habitat tehlike altındadır.

ağaç ormanları, göller, mangrov bataklıkları ve mercan resifleri yer alır. Bunlardan mercan resifleri ve tropikal yağmur ormanları insanların özel tehdidi altındadır.

Yağmur ormanı kesme

Tropikal yağmur ormanları, Dünya'nın kara yüzeyinin yalnızca yüzde 6'sını kaplamasına rağmen herhangi bir karasal eko-bölgenin en büyük biyokütlesini temsil eder ve kara türlerinin yaklaşık yüzde 80'inin yuvasıdır. Her yıl 140.000 kilometrekare tropikal yağmur ormanı kesiliyor – saniyede bir futbol sahası kadar. Ağaçlar yakacak ve inşaat malzemesi için kesiliyor; yol, yerleşim yeri ve tarım için de kesilmekteler.

Küresel olarak, en büyük tehdit altında olan yağmur ormanları Batı Afrika'da, Orta Amerika'da ve Güneydoğu Asya'dadır. Nitekim Borneo'da ova yağmur ormanının yalnızca yüzde 30 kadarı şu anda varlığını sürdürüyor. Dünyadaki yağmur ormanlarının yaklaşık üçte birini barındıran Amazon havzasında orman kesiminin çoğu tarım, özellikle de hayvancılık içindir.

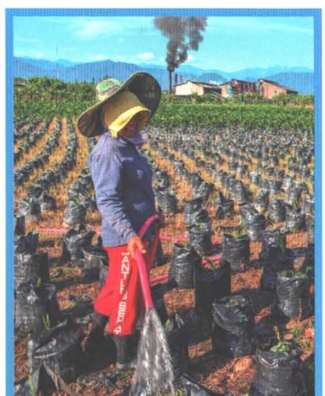
Ormansızlaşma bir kez başladı mı sorun hızla kötüleşir. Ormanlık bir yamaca yağmur yağınca bitki örtüsü tarafından büyük ölçüde emilir. Ama yamaçtaki orman kesilince yağmur, toprağı aşındırır, tarım için yararsız hale getirir ve yeniden ağaçlandırmayı olanaksızlaştırır. Irmaklara ve göllere akıp balıkları öldüren alüvyon üretir ve taşkın riskini artırır. Herhangi bir ormana verilen zarar, sera gazı karbondioksidi emme kapasitesini azaltır, böylece iklim değişikliğinin hızlanmasına katkıda bulunur.

Mercan resifleri kaybı

Mercan resifleri önemli eko-bölgelerdir ama özellikle tehlike altındadırlar. Gezegenin deniz türlerinin yaklaşık yüzde 25'ini desteklerler ve milyarlarca balığın üreme havuzudur. Dünya resiflerinin üçte ikisi tehdit altındadır ve yaklaşık dörtte biri olasılıkla onarılamayacak kadar hasarlıdır. Mercan resifleri için muhtemelen en büyük tehdit, atmosferden daha fazla CO2 alımının neden olduğu asitlik artışıdır. Bu durum birçok deniz yaratığının kabuk oluşturmasını engeller ve resif ölümü yolunda bir adım olan mercan "ağarmasını" başlatır. Ayrıca aşırı avlanma, siyanürle ya da dinamitle ve dip trol ağıyla avlanma gibi zararlı pratikler de mercan resiflerini tahrip ediyor. Kıyı ıslahından kaynaklanan tortu, resiflerin ihtiyaç duyduğu Güneş ışığını engeller. Kimyasal kirlenme, mercan madenciliği ve özensiz turizm de bu yüksek duyarlı habitatın yükünü ağırlaştırır.

Geniş kapsamlı etkiler

Bütün dünyada insan faaliyeti çeşitli doğal habitatları tehdit etmektedir. Tropikal yaprak döken kuru ormanları açmak yağmur ormanlarından daha kolaydır ve kuru ormanların yaygın olduğu Madagaskar'da yüzde 8'den azı varlığını sürdürmektedir. Bir zamanlar ABD Midwest'te uzun boylu ot çayırları uzanırdı ama şimde yal-



Palmiye yağı ağaçları, Endonezya ve Malezya'da büyük ölçekte dikiliyor; oralarda ormansızlaşmanın ana nedenlerinden biri budur. Sonuç olarak, tehlike altında olan türlerden biri de orangutanlardır.



Sulak alanlar ve gelgit kuşakları, deniz omurgasızları ve göçmen kıyı kuşları için önemlidir, ama dünyanın birçok yerinde sanayi ve liman için kurutulmuştur.

nızca yüzde 3'ü varlığını sürdürüyor: Geri kalanı ekim alanına dönüştürüldü. Birçok sulak alan tarım ya da kentsel gelişim için kurutuldu; birçoğu, kirlenmeyle geri dönülmez bir biçimde hasar gördü. Tarımsal gübrelerden akan besin öğeleri birçok gölü ve ırmağı bozdu. Birçok ülkede gelgit kuşakları, liman inşaatıyla yok edildi. Mangrov bataklıklarının yüzde 35'inin kaybından, büyük ölçüde kıyı ıslahı sorumludur. Tropik ve astropik kuşakta, keçi gibi evcil hayvanların aşırı otlatılması, tahminen 9 milyon kilometrekare mevsimlik kuru otlağı ve çalılığı çöle dönüştürdü.

Gerilemeyi durdurma

Bu habitatların yıkımı yalnızca doğal güzellik ve biyolojik çeşitlilik bakımından bir kayıp olmakla kalmaz, insanlar için ciddi sorunlar da yaratır: örneğin kötü su kalitesi, balık rezervlerinin azalması, polenleyici popülasyonlarında çöküş, artan yağmur suyu akışından kaynaklı sel baskını ve daha hızlı biriken sera gazları. Artık koruma çok önemlidir ve çevrebilimciler bunu yapmanın en iyi yollarıyla ilgili bilgilerini geliştirmeye çalışıyorlar.

Uygun önlemler duruma bağlıdır ve koruma alanları ya da "koridorları" yaratmaktan parçalanmış alanları birleştirmeye, kayıp habitatı yeniden yaratma planlarına kadar uzanır. Orman ağaçlarına bağımlı olanlar için sürdürülebilir yakıt ve kereste kaynakları da önemlidir; yağmur ormanı kerestesi ticareti de yasaklanmalıdır. Habitat yıkımının etkisi küresel olduğu için uluslararası anlaşmalar ve işbirliği çok önemlidir. ■

> Doğayla her yürüyüşte insan ihtiyacı olandan çok fazlasını alır.
> **John Muir**

Korumalı alanlar

Milli parklar, kırlar, doğa koruma alanları ve bilimsel açıdan özel öneme sahip alanlar; bunların hepsi korumalı habitat tipidir. Bu alanlarda doğal çevreye müdahale yasaktır ya da yasal bir çerçeveyle sınırlandırılır. Belirli bir kara ya da deniz alanını kapsamalıdır ama büyüklükleri ve sağlanan koruma düzeyi değişir. Dünya'daki karaların yüzde 10'undan biraz fazlası, ama okyanusların yalnızca yüzde 1,7'si koruma altındadır; deniz koruma alanları önemli olmasına rağmen, yerel ve ulusal hükümetlerin balıkçılık hakları gibi temel konularda anlaşmalarını gerektirmektedir.

Dünyadaki en büyük korumalı alan olan Marae Moana, Pasifik okyanusunda Cook adalarının etrafında 2 milyon kilometrekarelik bir alanı kaplar. Deniz kaplumbağalarının, en az 136 mercan türünün, 21 çeşit balina ve yunusun yuvasıdır. En büyük kara koruma alanı, yaklaşık 1 milyon kilometrekare buz tabakasını ve tundrayı kapsayan Kuzeydoğu Grönland Milli Parkıdır.



Misk sığırları, 19. yüzyılda avlanma yüzünden sayıları büyük ölçüde azalan kutup bölgesi sürü hayvanlarıdır. Şimdi Alaska, Norveç ve Sibirya'da koruma alanlarında yaşıyorlar.



HIZLA DEĞİŞEN BİR GEZEGENİN BAŞLANGICINI GÖRÜYORUZ
KEELİNG EĞRİSİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Charles Keeling (1928–2005)

ÖNCE
1896 İsveçli kimyacı Svante Arrhenius atmosferteki CO2'nin Dünya'nın sıcaklığını ne ölçüde yükseltebileceğini hesaplayan ilk ikişidir.

1938 Tarihsel sıcaklık verilerini ve CO2 ölçümlerini karşılaştıran İngiliz mühendis ve bilim insanı Steward Callendar atmosferin ısınmasından CO2 artışının sorumlu olduğu sonucuna varır.

SONRA
2002 Avrupa Uzay Ajansının ENVISAT uydusu her gün 5.000'e kadar sera gazı değeri almaya başlar.

2014 NASA'nın Yörüngede Karbon Gözlemevi günde 100.000 kadar yüksek derecede hassas ölçüm üretir.

Adını Amerikalı bilim insanı Charles Keeling'den alan Keeling Eğrisi 1958'e kadar geri giden bir dizi halinde, hacmen milyonda bir birim (ppmv) olarak ölçülen atmosferik karbondioksidin (CO_2) günlük kaydını gösterir. İki şeyi gösterir: Dünya'nın doğal mevsimsel solunumunu ve atmosferdeki CO_2'nin yıldan yıla artışı. Atmosferdeki CO_2 anlamlıdır çünkü karbondioksit, Dünya atmosferinde ısıyı tutan en önemli sera gazıdır. Daha fazla CO_2 ve diğer sera gazı molekülleri daha fazla ısının tutulmasına neden olup sıcaklıkta ve küresel iklim değişikliğinde genel bir artışa yol açar.

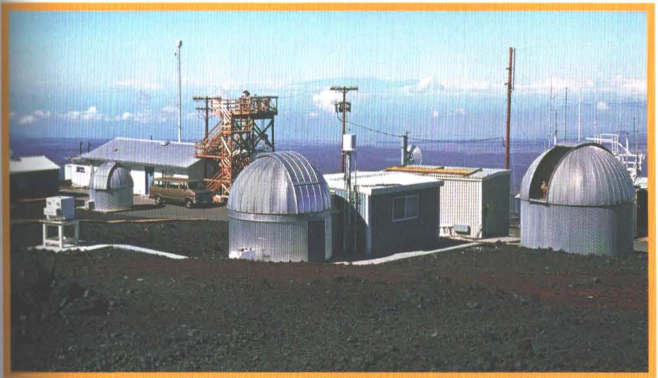
> Doğanın yazın büyüyen bitkiler için havadan CO_2 çektiğine ve izleyen her kış geri verdiğine ilk kez tanık oluyorduk.
> **Charles Keeling**

CO_2 düzeylerini ölçme

1700'lerin sonunda Sanayi Devrimi başladığından beri insan faaliyeti giderek daha fazla CO_2 salınımı üretmektedir. Bu, büyük ölçüde fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanırken tarım ve imar için orman kesimi de fotosentezle daha az bitki örtüsünün CO_2 emmesiyle sonuçlanmıştı. Eskiden birçok bilim insanı fazla CO_2'nin okyanuslar tarafından emileceğine inanıyordu. Bazıları aynı kanıda değildi ama fazla somut kanıt yoktu.

Charles Keeling atmosferin ısınması ile CO_2 salınımları arasında bir bağ öneren ilk kişi değildi. Diğerleri CO_2 düzeylerini ölçmüştü ama uzun erimli bir veri kümesi yerine yalnızca "anlık çekimler" üretmişti. Keeling bağlantıyı kanıtlamak için uzun erimli bir incelemeye ihtiyaç olduğunu biliyordu. 1956'da California, San Diego'da Scripps Oşinografi Enstitüsünde görev aldı ve uzak yerlerde, Hawaii, Mauna Loa ve Güney Kutbunda 3.000 metre yüksekte CO_2 izleme istasyonları kurmak için fon buldu. 1960'ta Keeling yıldan yıla artışı saptamak için yeterli uzunlukta bir

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Biyosfer 204–205 ▪ Çevresel geribesleme döngüleri 224–225 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321



Hawaii'de Mauna Loa bir atmosfer araştırma istasyonu için ideal bir yerdir. Volkanın yüksekliği ve uzaklığı, havanın insanlardan ya da bitki örtüsünden etkilenmemesini sağlar.

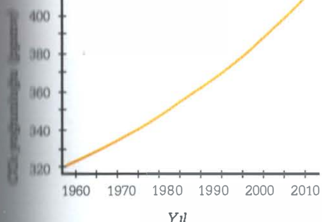
kayıt dizisine sahip olduğundan emindi.

Mevsimsel değişiklikler

Güney Kutbu fonu 1964'te sona ermesine rağmen Mauna Loa 1958'den beri veri üretmektedir. Bir grafiğe aktarılan ölçümler Keeling Eğrisi olarak bilinir. Bu aslında mevsimsel değişiklikleri yansıtan bir yıllık eğriler dizisidir. Kuzey yarımkürede ilkbahar ve yaz aylarında yeni bitki yaprakları atmosferden daha fazla CO_2 aldığı için küresel gaz yoğunluğu geriler, eylülde düşük bir noktaya ulaşır. Sonbaharda yapraklar dökülünce ve fotosentez azalınca tekrar yükselir. Güney yarımkürede yılın daha sonraki aylarında yetişen bitkiler, kaybı telafi etmez çünkü dünyanın bitki örtüsünün çok büyük bölümü kuzeydedir.

Kutuplardaki buz çekirdeklerine hapsolmuş eski hava kabarcıkları geçen 11.000 yılda ortalama CO_2 yoğunluklarının 275-285 ppmv olduğunu ama 19. yüzyılın ortasından itibaren hızla arttığını ortaya koyuyor. 1958'de bu düzey 316 ppmv'ydi. 1970'lerin ortasına kadar her yıl 1,3-1,4 oranında yükseldi, ondan sonra her yıl 2 ppmv arttı. 2018 baharında 411 ppmv'yi buldu – sanayi öncesi düzeylerin neredeyse 1,5 katı. ■

Mauna Loa CO_2 kayıtları (1958–2015)



Sürekli yükselen CO_2 düzeylerinin Keeling Eğrisi Hawaii'de, Mauna Loa'da atmosferik karbondioksidin (CO_2) sürekli izlenmesinden elde edilen sonuçları gösteren bir grafikte açıkça görülüyor.

Buz tabakalarında CO_2 analizi

Bilim insanları kuzey kutup ve Grönland buz tabakalarında hapsolmuş hava kabarcıklarını analiz ederek geçmiş karbondioksit yoğunluklarını ölçebiliyorlar. Bu kanıtlar son 400.000 yılda birkaç değişim döngüsü olduğunu gösteriyor. Bunlar en ağır buzullaşmalardaki –buzulların fiilen oluştuğu zaman– düşük değerlerden, daha sıcak, buzullararası dönemlerde daha yüksek değerlere kadar uzanır. Sanayi Devriminin başından beri olan artış ortalama küresel sıcaklıkla eşleştirildi. Küresel sıcaklık 1880'den itibaren on yılda bir 0,07°C, 1970'ten itibaren on yılda bir 0,17°C yükseldi. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), dünya hükümetleri sera gazı salınımlarını önemli ölçüde azaltmazsa 2100 yılında ortalama sıcaklığın, Sanayi Devriminden önceki düzeyinden yaklaşık 4,3°C daha yüksek olabileceği uyarısında bulunuyor. Böyle bir artış hem deniz seviyelerinde belirgin bir yükselişe hem de insanların dünyanın bazı bölgelerini tamamen terk etmesiyle sonuçlanacak daha aşırı hava koşullarına neden olur.



Bir buz çekirdeğindeki kabarcıklar atmosferin yüzyıllarca geriye giden bir örneğini sağlar. Bilim insanları bu hava kabarcıklarındaki CO_2'yi ölçüyor.

YAŞAMIN DOKUSU KİMYASAL YAYLIM ATEŞİNE TUTULDU

PESTİSİTLERİN MİRASI



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Rachel Carson (1907–64)

ÖNCE

1854 Henry David Thoreau'nun *Walden* kitabı doğayla uyum içinde sade bir yaşam sürme sosyal deneyini tasvir eder. Çevreci hareketin esin kaynağı olarak görülür.

1949 Aldo Leopold'un *Bir Kum Yöresi Almanağı* toprakla uyum içinde yaşayan bir insan ekolojisi önerir.

SONRA

1970 ABD Çevre Koruma Ajansını (EPA) kurar.

1989 Bill McKibben'ın *Doğanın Sonu* kitabı küresel ısınmanın tehlikelerine ışık tutar.

2006 *Uygunsuz Gerçek* belgeseli eski ABD başkan yardımcısı Al Gore'un, iklim değişikliği konusunda kamuoyunu eğitme çabalarını kaydeder.

Çevrecilik konusunda yayımlanmış muhtemelen en saygın ve etkili kitap olan *Sessiz Bahar* 1962'te piyasaya çıktığında büyük bir ses getirdi. Yeni filizlenen koruma hareketini canlandırdı, mevzuatı değişmeye zorladı ve belki de en önemlisi, halkın iktidardakileri sorgulayıp hesap sorma hakkını savundu.

Ne var ki çığır açıcı bu eserin yazarı tipik "eko-savaşçı" –kitap ilk yayımlandığında işitilmemiş bir terim– olmaktan çok uzaktı. Rachel Carson, aksine, zooloji dalında master yapmış ve 20 yıldır Amerika Birleşik Devletleri'nde su biyoloğu olarak çalışan sakin, bilge bir kadındı. En önemlisi, bilimsel gerçeği etkili anlatıyla kaynaştırabilen istisna bir yazardı.

Ölen yaban hayatı

Birçok büyük ve etkili eser gibi *Sessiz Bahar* da çok kişisel bir şekilde başladı. Ocak 1958'de Carson'ın arkadaşı Olga Huckins başlangıçta *Boston Herald*'da yayımlatmaya çalıştığı bir mektup gönderdi. Michigan'daki küçük kuş cennetinin civarında sıvı yakıt ile DDT adlı bir kimyasal bileşik (dikloro-difenil-trikloroetan) karışımının havaya sıkıldığından söz ediyordu. Ertesi sabah Huckins kendi mülkünde birkaç ölü kuş gördü ve Carson'ın Washington'da daha fazla ilaçlamayı durdurabilecek birilerini tanıyabileceğini umuyordu. Carson öfkelendi ve yardım etmeye karar verdi. On yıldan fazla bir süredir rasgele DDT sıkmanın yaban hayatı öldürdüğü can sıkıcı olayların farkındaydı. Carson hemen *New Yorker*'ın editörü E.B. White'a gidip sentetik pestisitler ve hedef dışı organizmalar üzerindeki etkisi hakkında



İçeride ve dışarıda DDT gibi böcek ilaçları sıkmak, sıtma taşıyan sivrisinekleri kontrol etmenin yaygın bir yöntemiydi ve bazı yerlerde hâlâ öyledir.

Rachel Carson



1907'de doğan Rachel Carson, Pennsylvania'da bir çiftlikte büyüdü ve doğa sevgisini orada kazandı. Pennsylvania Kadın Kolejine bir burs kazandı ve daha sonra zooloji dalında yüksek lisans yaptı. Denize kıyısı bulunmayan bir eyalette büyüyen Carson okyanusları düşledi; bu düş, kalıcı bir tutku haline geldi ve ABD Balık ve Yaban Hayatı Servisinde (FWS) su biyoloğu olarak çalışmaya gitti.

Carson çok sayıda eğitsel broşür yazdı ve yayımladı; sonunda ABD Balık ve Yaban Hayatı Servisinin başeditörü oldu. 1941'den itibaren deniz biyolojisiyle ilgili kitaplar yazdı; bunlardan *The Sea Around Us* Ulusal Kitap Ödülünü kazandı ve ulusal çoksatan oldu. Bu başarı Carson'ın tam zamanlı yazmasını olanaklı kıldı ve 1958'de Sessiz Bahar üzerinde çalışmaya başladı. 1960'ta Carson'a göğüs kanseri teşhisi konuldu ve 1964'te öldü.

Önemli eserleri

1941 *Under the Sea Wind*
1951 *The Sea Around Us*
1955 *The Edge of the Sea*
1962 *Silent Spring*

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Holistik bir dünya görüşü 210–211 ▪ İnsanın Dünya'yı tahrip etmesi 299 ▪ Çevre etiği 306–307

artan kaygılarla ilgili bir yazı yayımlamayı önerdi. Editör makaleyi Carson'ın kendisinin yazmasını önerdi. Gönülsüz bir biçimde Carson başlangıçta "zehir kitabı" dediği şey üzerine araştırma yapmaya başladı. Devamında dünyayı sarstı.

Kimyasal gelecek

Sessiz Bahar'ın etkisi yayımlandığı tarih bağlamında görülmelidir. Akademisyenler ve bilim insanları sentetik pestisitlerle ilgili kaygıları dillendirmelerine rağmen kamuoyu bu konunun farkında değildi.

Sentezlenmiş pestisitler 1920'lerden beri kullanılmaktaydı ve II. Dünya Savaşı sırasında askeri fonlarla yapılan araştırmalarla önemli ölçüde geliştirilmişti. 1950'lerde yaygın kanıya göre ekinleri yok eden ve hastalık taşıyan haşareleri öldürerek dünyanın kıtlık ve hastalık sorunlarını çözebilirdi. Union Carbide, DuPont, Mobil ve Shell gibi kimya devlerinin reklam kampanyaları bu mesajı geniş bir kitleye yaydı. Sessiz Bahar genel kabul gören bu bilgeliğe meydan okumayı amaçladı; savaş sonrası Amerika'da yaşanan sözde bilimsel ilerlemenin çevre için çok büyük bir bedelle geldiğini savundu.

En ünlü ve Sessiz Bahar'la en çok ilişkilendirilen pestisit DDT'ydi. İlk kez 19. yüzyılın sonunda sentezlendi ama 1939'da İsviçreli kimyacı Paul Hermann Müller bir sinir zehri olarak yaygın etkisinden ötürü bir dizi böceği öldürmek için kullanılabileceğini fark etti. II. Dünya Savaşı sırasında muharip birliklere sıtma, tifüs ve dang humması taşıyan böceklerin yanı sıra yaşamsal besin ürünlerini yok edenleri de kontrol etmek için kullanıldı.

DDT'nin üretilmesinin ucuz, oldukça etkili olduğu anlaşıldı ve başlangıçta insanlara bir tehdit oluşturmuyor gibi görünüyordu. Savaştan sonra kimyasallar bollaşınca, tarımda kullanımı olağanlaştı. Görünürde güvenli geniş uygulama alanlarıyla, bu tehlikeli kimyasal bileşiğin güçlü bir zehir olduğunun tam olarak farkında olmadıkları için maske ya da koruyucu giysi kullanmadan keyifle ürünlerine serpen çiftçilere her derdin devası gibi görünmüş olmalı.

DDT'den sonra aldrin, dieltrin, endrin, parathion, malathion, çaptan ve 2,4-D gibi bir dizi sentetik tarım kimyasalı geldi. Patlayıcı yapımında artık ihtiyaç duyulmayan fazla nitrojenden yapılan yapay gübrelerle birlikte kullanılan bu kimyasallar çiftçiliğin yoğunlaşmasını olanaklı kıldı. Kimyasal çağı görünmeye başlamıştı ve 1952'ye gelindiğinde ABD Tarım Bakanlığına kayıtlı yaklaşık 10.000 ayrı yeni pestisit ürün vardı.

> Bundan [*Sessiz Bahar*'dan] sonra hiç kimse, kirliliği, ilerlemenin zorunlu alt yüzü olarak o kadar kolay satamaz.
> **H. Patricia Hynes**

DDT kolay **parçalanmaz.**

↓

DDT **yağda çözünür** ve hayvanların vücut yağında birikir

↓

DDT yalnızca hedef haşareyi değil; diğer böcekleri, balıkları, memelileri ve kuşları da etkileyen geniş **spektrumlu bir zehirdir.**

↓

DDT üst atmosferde **uzaklara gidebilir.**

↓

DDT besin zincirinin tamamında kalıcı hasara neden olur.

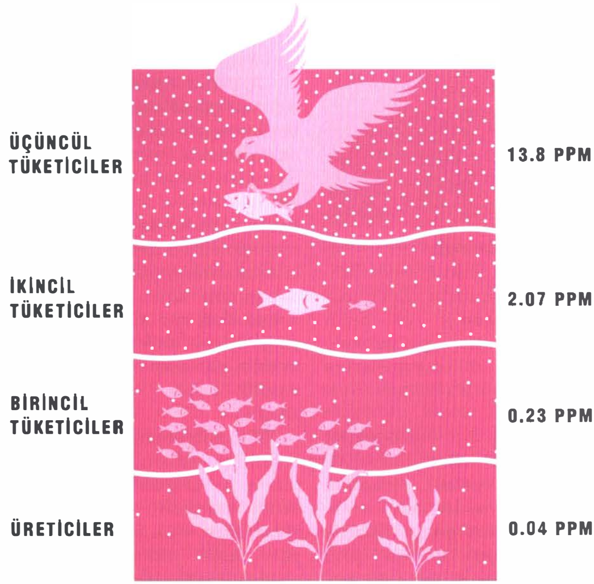
İnatçı bir zehir

DDT (diklorodifeniltrikloroetan) organoklorlar denilen bir pestisit grubuna aittir. Temas halinde böceklerin sinir sinyallerini bozarak onları öldürür. Bu bileşik, yağda çözünür ve ya doğrudan ya da DDT bulaşmış yiyecek yiyerek ona maruz kalan hayvanın dokularında birikir. Sürekli DDT'ye maruz kalmak vücut yağında birikip toksik hale gelmesiyle sonuçlanır.

Ayrıca DDT, besin zincirini biyolojik olarak büyütür. İnsanlar DDT'ye düzenli maruz kalınca zehirlenmeye açık olur ve çevredeki küçük miktarların etkileri bilinmemekle birlikte kanserle, kısırlıkla, düşük yapmakla ve diyabetle ilişkilendirilmiştir. Şimdi Batı ülkelerinde yasak ama ABD Hastalık Kontrol Merkezinin 2003-4'te yaptığı araştırmalar, test yapılan insanların yüzde 99'unun kanında DDT ya da onun yıkım ürününü (DDE) buldu.

> DDT gibi ayrım gözetmeyen bir sprey doğanın ekonomisini altüst edebilir... Tüm böceklerin yüzde 90'ı iyidir ve bunlar öldürülürse işlerin ayarı kaçar.
>
> **Edwin Way Teale**

Besin zincirinde biyolojik birikim



Besin zincirinde daha yüksekte olan organizmalar DDT'den daha fazla etkilenir. Üreticilerde zehir yalnızca 0,04 PPM'dir (milyonda bir birim) ama besin zincirinde yukarı doğru her adımda yoğunluk artar. Üçüncül tüketiciler söz konusu olduğunda düzeyler toksik etki yaratacak kadar yüksektir.

Farkındalığı yükseltmek

Carson, DDT'nin zararlı etkilerini fark eden ilk kişi değildi. Birkaç erken muhalif vardı ve bunlardan biri de DDT'nin ayrım gözetmeyen etkisinin doğanın dengesini bozabileceği uyarısında bulunan doğa yazarı Edwin Way Teale'di. 1945'te ABD Balık ve Yaban Hayat Servisi (FWS) Müdürü Dr. Clarence Cottam ürünün gerçek etkisi henüz tam olarak bilinmediği için DDT kullanımında ihtiyatlı olmanın önemli olduğunu ifade etti. Ertesi yıl, American *Journal of Public Health*'te yazan Fred Bishop, DDT'nin, gıda ürünlerine bulaşmasına ya da kazayla yenilmesine izin vermemek gerektiğini vurguladı.

Çeşitli bilimsel araştırma ve raporlar da kaygıları yükseltti. Örneğin, 1945'te ABD hükümeti, kimyasal sıkılan ineklerin sütünde DDT kalıntıları bulan bir araştırma yayımladı. Çiftçilere sığırlardaki bitleri ve sinekleri kontrol etmek için "güvenli alternatif böcek ilaçları" kullanmalarını önerdi. Carson'ın 1952'ye kadar FWS'de uzun süre başeditör görevinde kalması, bu türden çok sayıda rapora erişiminin olması demekti; bunları çok rahatsız edici buldu.

Araştırmalar oldukça dağınık olduğu ve hiçbir şekilde genel

> Onlara böcek öldürücü değil, yaşam öldürücü demek gerekir.
> **Rachel Carson**

okura ulaşamadığı için Carson, bulabildiği her malzemeyi toplayıp bilim insanı olmayan sıradan insanların anlayabileceği şekilde sunmaya karar verdi. *Sessiz Bahar*'ı yazmada ilerleme kaydettikçe bilgiyi açıklamanın ahlaki bir görev olduğu kafasında netleşti. Carson ayrım gözetmeden pestisit kullanmanın tehlikelerini belgelemenin yanı sıra kimya şirketlerinin halktan önce kendi kârlarını düşündüğünü ve hükümetin, sanayiyi etkili bir biçimde düzenlememekle, bilerek ya da bilmeyerek onlarla işbirliği yapmış bile olabileceğini öne sürme cesaretini de gösterdi.

ABD kimya sanayi beklenen yanıtı verdi. İlk önce Carson'ı, yayıncılarını ve *The New Yorker*'ı –kitabı bölümler halinde yayımlamıştı– dava etmeye çalıştı. Carson böyle bir tepkiye hazırlıklıydı. Kitabın tartışılacağını ve kimya sanayi tarafından bir tehdit olarak görüleceğini biliyordu. Bu yüzden araştırmasını –devlet organlarından, araştırma kurumlarıyla ilişkilerinden ve diğer saygın kaynaklardan edindiği– titizlikle yürütmenin ve kaydetmenin yanı sıra taslakları bilim insanlarına ve uzmanlara inceletti.

Mahkemeye vermek işe yaramayınca kimya şirketleri Carson'ı böyle bir kitap yazma donanımına sahip olmayan "histerik" bir kedi düşkünü kadın olarak tasvir etmek gibi kişisel saldırılara tenezzül ederek onu itibarsızlaştırma kampanyası başlattılar. Karalama kampanyası ters tepti, *Sessiz Bahar*'ın satışını artırmaktan başka bir şeye yaramadı.

Yeni politikalar

Saygın bilim insanları Carson'ın bulgularını destekledi ve ABD Başkanı John F. Kennedy onu 1963'te bir Kongre Komitesinin huzurunda tanıklık yapmaya davet etti. Çevreyi korumaya hizmet edecek yeni politikalar çağrısında bulundu. Komite, Carson'ın kitabını genel olarak destekleyen "Pestisit Kullanımı" başlıklı bir rapor yayımladı. Carson'dan esinlenen aktivistler *Sessiz Bahar* yayımlandıktan on yıl sonra,

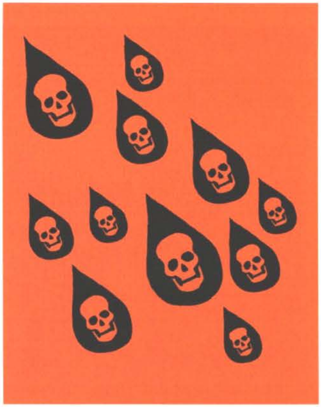
> İnsan, doğanın bir parçasıdır ve doğaya karşı savaşı, kaçınılmaz olarak kendine karşı bir savaştır.
> **Rachel Carson**

1972'de DDT ABD'de yasaklanana kadar hükümeti sıkıştırmaya devam etti. ABD'yi diğer ülkeler izledi ama bazıları sivrisinekleri kontrol etmek için kullanmaya devam ediyor.

Sessiz Bahar'ın mirası, DDT'nin yasaklanmasından ibaret değildir. Eğitimli bir kamuoyunun gücünü sanayi devlerine ve hükümete gösterdi. ■



Birçok ülkede DDT yasaklandıktan sonra balık kartalı popülasyonları –1940'larda itibaren önemli ölçüde gerilemişti– toparlanmaya başladı. Balık kartalları DDT'den etkilenen küçük hayvanları yemişti.



KEŞİFTEN SİYASAL EYLEME UZUN BİR YOLCULUK

ASİT YAĞMURU

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Gene Likens (1935–)

ÖNCE
1667 Kirli kent havasının kireçtaşı ve mermer üzerindeki aşındırıcı etkisini İngiliz günlük yazarı John Evelyn fark eder.

1852 İngiliz kimyacı Robert Angus Smith sınai kirlenmenin binalara zarar veren asit yağışına neden olduğunu savunur. Buna "asit yağmuru" diyen ilk kişidir.

SONRA
1980 ABD Kongresi Asit Birikimi Yasasını çıkarıp 18 yıllık kapsamlı bir asit yağmuru araştırma programını başlatır.

1990 ABD Temiz Hava Yasasına (1963'te çıkan) yapılan bir ek, kükürtdioksit ve nitrojenoksit salınımlarını etkili bir biçimde kontrol etmek için tasarlanan bir sistem kurar.

Asit yağmurunun taş üzerindeki etkileri çok önce, 17. yüzyılda İngiltere ve 19. yüzyılda Norveç'te fark edildi. Ama Amerikalı çevrebilimci Gene Likens, New Hampshire kırsalında derin araştırmalar yürütene kadar bu fenomen tam olarak anlaşılmadı.

1963'ten itibaren tatlı su çevrebilimcisi Likens ve ekibi, New Hampshire'da Hubbard Brook su toplama havzasında su kalitesi ile yaşam formları arasındaki ilişkiyi araştırdı. Burada yağışların alışılmadık ölçüde asitli olduğunu keşfettiler. pH (hidrojen potansiyeli) olarak ifade edilen asitlik 0'dan (en asidik) 7'ye (nötr) ve 14'e (en az asidik) kadar uzanır. Pek çok balık ve su hayvanı, en iyi pH değeri 6-8 olan sularda yaşar, ama Likens değerin 4 olduğunu gördü – balıklar, kurbağalar ve onların yediği böcekler için varlığını sürdüremeyecek kadar asitli. New England'a izleme istasyonları kurdu; yoğun nüfuslu ve ağır sanayileşmiş kuzeydoğu eyaletlerinde asit yağmurunun ve kar yağışının yaygın olduğunu gösterdi. Likens'in sistematik çalışması, ABD hükümetini asit yağmurundan sorumlu kimyasal salınımları kontrol edecek yasalar çıkarmaya ikna etti.



Asit yağmuru, daha bilinmeden yüzlerce yıl önce taş eserleri aşındırmıştı – Polonya'da, Krakow'da St. Peter ve St Paul kilisesinin avlusundaki bu heykel gibi.

Asit yağmurunun etkileri

Enerji santrallerinde ve fabrikalarda fosil yakıtlar yakıldığında bacalarından kükürtdioksit (SO_2) ve nitrojenoksit çıkar. Alt atmosfere

Ayrıca bkz: Tehlike altındaki habitatlar 236–239 ▪ Pestisitlerin mirası 242–247 ▪ Ormansızlaşma 254–259 ▪ Doğal kaynakların tükenmesi 262–265 ▪ Okyanus asitlenmesi 281



yayılan bu gazlar suyla reaksiyona girip seyreltik sülfürikasit (H_2SO_4) ve nitrikasit (HNO_3) üretir. Bu zayıf asitler yağmur olarak yağıp ırmaklara ve göllere girer, onları daha asitli yapar. Artan asitlik hayvanları ve bitkileri sıkıntıya sokar. Susalyangozları kaybolur, balık yumurtaları çatlamaz, böcekler ve onları yiyen kurbağalar ölür. Sonunda göller hiçbir yaşamı desteklemez.

> Sekiz yıl inkâr ettik ama bu, çevre konularında alışılmadık bir durum değildir.
>
> **Gene Likens**

1970'lerin başında İskandinavya'da binlerce göl, balıklarını kaybetmişti ve fiilen ölüydü. 1984'te Brooktrout gölü ve New York'ta Adirondack dağlarındaki diğer göller balıksız kaldı. Asit yağmuru topraktan zararlı alüminyum da sızdırır ve asitli bulutlar ve sis bitkilere zarar verir, fotosentez yeteneklerini azaltıp ölmelerine yol açar.

Salınım kontrolü

1970'ler ve 1980'lerde asit yağmurundan kötü etkilenen diğer yerler arasında geniş orman alanlarının öldüğü Çekya, Almanya ve Polonya "Kara Üçgeni" de vardı. Likens'in çalışmaları sayesinde 1990'dan sonra daha katı denetimler uygulandı. Enerji santrallerinin bacalarına SO2 tutan temizleme sistemleri başarıyla takıldı. Gaz salınımları ABD'de neredeyse yarı yarıya, Avrupa'da üçte iki oranında azaldı. Balıklar ırmaklara ve göllere geri dönmeye başladı. Bununla birlikte asit yağmuru sorunu Rusya'yı, Çin'i ve Hindistan'ı hâlâ kasıp kavuruyor. ■

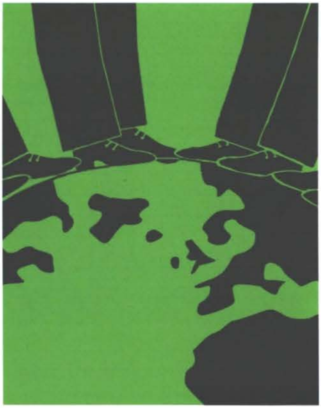


Gene Likens

Likens 1935'te Indiana'da doğdu. Üniversitede zooloji okuduktan sonra New Hampshire'da Dartmouth College'e yardımcı doçent olarak atandı. 1963'te, F. Herbert Bormann, Noye Johnson ve Robert Pierce ile birlikte Hubbard Brook havzasında su, mineral ve yaşam formları konusunda sistematik araştırmalara başladı. 1968'de araştırmaları Midwest'te fabrikalardan kaynaklanan salınımların ürünü olan asit yağmurunun yaygınlığını gösterdi. Ekibin alanda yıllarca yürüttüğü çalışmalar hava kirliliğinin ve toprak kullanımının bir su toplama havzasını nasıl şekillendirdiğine ilişkin dünyanın en ayrıntılı araştırmalarından biri olarak nitelendi. Likens'in ormansızlaştırma, toprak kullanımı ve sürdürülebilirlik üzerine çalışmaları, ABD Orman Servisinin politikasında bir değişikliğe yol açtı. 1990'da Temiz Hava Yasasında yapılan değişikliğin şekillenmesine de yardımcı oldu. Likens 2001'de Ulusal Bilim Madalyasıyla ödüllendirildi.

Önemli eserleri

1985 *An Ecosystem Approach to Aquatic Ecology: Mirror Lake and its Environment*
1991 *Limnological Analyses*



SONLU BİR DÜNYA YALNIZCA SONLU BİR NÜFUSU BESLEYEBİLİR

NÜFUS FAZLALIĞI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Garrett Hardin (1915–2003)

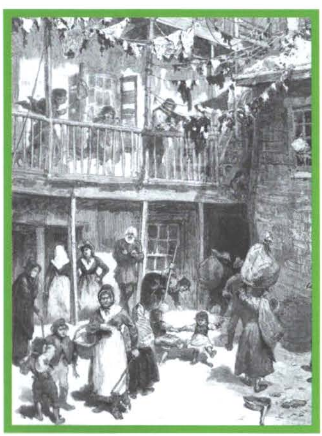
ÖNCE
1798 Thomas Malthus sürekli nüfus artışının 19. yüzyılın ortasında küresel besin kaynaklarını tüketeceğini öngörür.

1833 İngiliz ekonomist William Forster Lloyd, *Two Lectures on the Checks to Population*'da, çok fazla sayıda sığır otlarsa daha az verimli olan mera örneğini kullanarak, nüfus fazlalığını tartışır.

SONRA
1974 Bükreş'te bir Birleşmiş Milletler konferansı BM'nin ilk Dünya Nüfusu Eylem Planını yaratır.

2013 İngiliz sosyal coğrafyacı Danny Dorling, *Population 10 Billion*'da (*10 Milyar Nüfus*), BM tahminlerinin aksine, Dünya nüfusunun bu rakama ulaşmasının neden olası olmadığını açıklar.

1968'de ABD'de iki bilim insanı nüfus fazlalığıyla ilgili korkunç uyarılar yayımladı. Çevrebilimci Garrett Hardin Dünya kaynaklarının kısa sürede tükeneceğini ve çevresel zararın artacağını öngördü. *The Tragedy of the Commons*'ta nüfus fazlalığının neden olduğu birkaç küresel krizi örnek verdi: Aşırı avlanmanın balık rezervlerini yok etmesi, sulama amacıyla yeraltı sularının aşırı çekilmesiyle göllerin kuruması, ormansızlaşma, hava, toprak ve deniz kirliliği, türlerin soyunun tükenmesi. Hardin devletin "aşırı" üreyenlere sosyal yardım yapılmamasını savunarak nüfus fazlalığı sorununa tartışmalı bir çözüm önerdi. Biyolog Paul Ehrlich de *The Population Bomb*'da nüfus kontrolünü savundu ve insan sayısının, yakın zamanda kitlesel açlık yaratacak noktaya ulaşacağı uyarısında bulundu



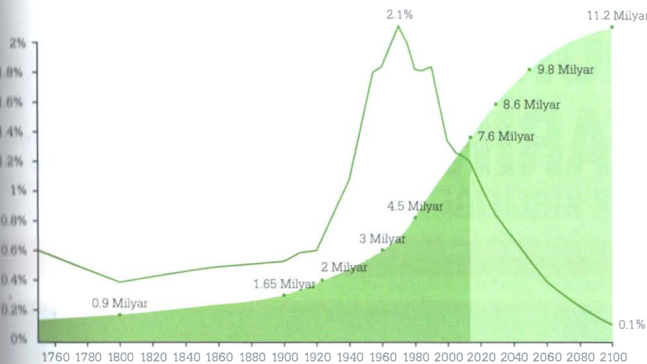
William Allen Rogers'ın Rafpickers Court'u (1879), New York City'de yoksul bir İtalyan mahallesini gösterir. Böyle bir aşırı kalabalık, hastalığın yoksul alanlara yayılmasına olanak sağlıyordu.

Büyüme ve gerileme

İnsan tarihinin büyük bölümünde Dünya nüfusu yavaş artmıştı. Batı Avrupa'da ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Sanayi Devriminin ilk yıllarında daha hızlı artmaya başladı; o zaman İngiliz ekonomist Thomas Malthus gelecekte bir kıtlık uyarısında bulundu. Ama gıda üretimi birçok kişinin beklediğinden daha hızlı arttığı için Malthus'un korkularının vakitsiz olduğu anlaşıldı. Yeni sanayi kentlerinde, bulaşıcı hastalıklardan ötürü, ortalama yaşam süresi de düştü. Daha iyi sağlık hizmeti ve

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Verhulst denklemi 164–165 ▪ Doğal kaynakların tükenmesi 262–265 ▪ Çarpık kentleşme 282–283

Dünya nüfus artışı, 1750-2100



Bu grafik Dünya nüfusunun yıllık artış oranı ile mutlak sayılarla toplam nüfusun bir karşılaştırmasını gösteriyor. 2017'den sonraki yılların verileri tahminidir.

beslenmeyle, daha temiz suyla ve daha fazla işçi haklarıyla birlikte ortalama yaşam süresi tekrar yükseldi. 1924'te Dünya'da 2 milyar insan vardı; 1960'ta 3 milyardı ve en büyük artış, Latin Amerika, Afrika, Güney ve Doğu Asya'nın gelişmekte olan ülkelerindeydi.

Azalan doğum oranı

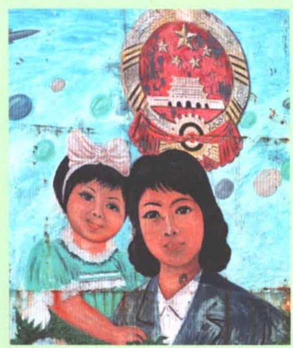
20. yüzyılda Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da doğum kontrolüne daha yaygın erişim, daha iyi eğitim ve emek piyasasına daha fazla kadın girişi, daha düşük doğum oranlarıyla sonuçlandı. Bu fenomen şimdi her yerde kadınlar için tekrarlanıyor. Dünya nüfusu 1974'te 4 milyarı, 1987'de 5 milyarı, 2000'de 6 milyarı ve 2011'de 7 milyarı geçmesine rağmen yıllık artış oranı, 1960'ların sonuna yakın yüzde 2,5 ile zirveye çıktı. Gelişmekte olan dünyanın bazı bölümlerinde nüfus hâlâ hızlı artıyor ama ana eğilim bir zamanlar olduğu kadar hızlı değildir. Dünya nüfusunun 6 milyardan 7 milyara çıkması 11 yıl aldı ama 8 milyara çıkmasının 13 yıl, 9 milyara ulaşmasının 25 yıl daha alacağı öngörülmektedir. BM, 2100'de 11,2 milyarlık bir zirve öngörüyor.

Yavaşlayan artışa rağmen zorluklar devam ediyor. 2009'da bir BM raporu dünyanın 2050'de fazla nüfusunu beslemek için yüzde 70 daha fazla gıda üretmek, dolayısıyla toprağa, suya ve enerji kaynaklarına daha fazla baskı yapmak zorunda kalacağı uyarısında bulundu. Gelecekte nüfus artışının kirlilik, küresel iklim değişikliğini ateşleyen sera gazı düzeylerinde artış gibi birçok çevresel sorunu ağırlaştırması olasıdır. ■

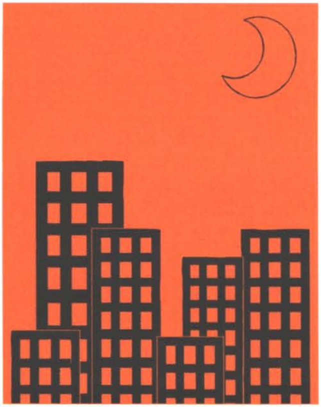
Çin'in tek çocuklu aile planlaması politikası

1960'lara kadar Çin, aileleri olabildiğince çok çocuk sahibi olmaya teşvik etti ve 1949'da 540 milyon olan nüfus 1976'da 940 milyona çıktı. Ne var ki çok geçmeden hükümet, kaynak talebi konusunda endişelenmeye başladı. 1978'de bilim insanı ve politikacı Song Jian, Çin'in ideal nüfusunun 650 ile 700 milyon arasında olduğunu hesapladı ve 1979'da projeksiyonları, hükümetin, çiftleri aile başına tek çocukla sınırlayan yeni bir politika yaratmasına yol açtı.

Bu tek çocuk politikası kentsel alanlarda kırsal alanda olduğundan daha sıkı uygulandı; bazı bölgelerde ilk çocuk kız ise, ikincisine izin verildi. Ama kentlerde kadınlar ikinci çocuğu aldırmaya zorlandı ve yalnızca 1983'te 21 milyon kadın kısırlaşmaya zorlandı. Bu politika 2015'te gevşetildi ama devlet hâlâ aile başına yalnızca iki çocuğa izin veriyor.



Gülümseyen bir anne ile kızını gösteren bir 1994 afişi, Çin'in tek çocuk politikasını tanıtıyor. Ebeveynleri erkek çocuk sahibi olsun diye, çok sayıda kız bebek terk edildi ya da öldürüldü.



KARANLIK GÖKYÜZÜ ARTIK TARİHE KARIŞTI

IŞIK KİRLİLİĞİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Franz Hölker

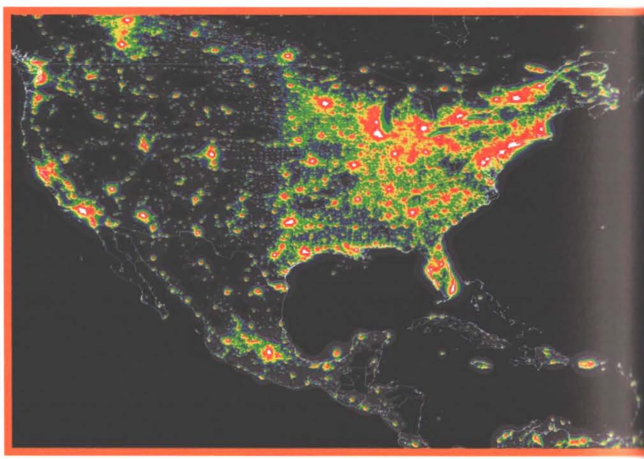
ÖNCE
MS 1000 İlk örgün sokak aydınlatma (kandillerle) sistemi Müslüman İspanya'da görülür.

1792 İskoçya'da doğan mühendis William Murdock gaz lambasını icat eder. Sonraki elli yılda birçok kent gazlı sokak aydınlatmasına geçer.

1879 Amerikalı mucit Thomas Edison ilk ticari elektrik ampülünü sergiler.

1976 Yüksek parıltılı, yüksek verimli LED lambalar tanıtılır.

SONRA
2050 Hölker ve diğerlerinin küresel nüfusun 9 milyarı aşmasıyla birlikte Dünya'nın aydınlatılan toplam alanının 2016'nın iki katına çıkacağını öngürdükleri tarih.



Kuzey Amerika'da bir ışık kirliliği haritası (beyaz ve kırmızı kirliliğin en yüksek; siyah en az olduğu yerleri gösterir) Amerikalıların yüzde 99'unun Samanyolunu neden göremediklerini açıklar.

Bazı çevrebilimcilere göre, ışık kirliliği –Dünya'da yapay üretilen ışık miktarı– en zararlı kirletici olabilir. İnsanlığın yaklaşık yüzde 80'i, ışığa doymuş göklerin altında yaşar. 2017'de ışık kirliliğine ilişkin çevrebilimci Franz Hölker ve diğerlerinin uydu verilerini kullanarak gerçekleştirdiği önemli bir araştırma Dünya'nın yapay olarak aydınlatılan alanının 2012 ile 2016 arasında yüzde 9 arttığını gösterdi. En yoğun aydınlatma Güney Amerika, Afrika ve Asya'da sanayileşmekte olan ülkelerdedir ama Avrupa'nın zaten iyi aydınlatılan ülkelerinde ve ABD'de de artmaya devam ediyor.

Işık kirliliğini ilk fark edenler astronomlardı çünkü gece gökyüzünde gökcisimlerini görmelerini

Ayrıca bkz: Çevresel geribesleme döngüleri 224–225 ▪ Bahar kayması 274–279 ▪ İnsan ve Biyosfer Programı 310–311

> Gececi hayvanların, böceklerin ve bitkilerin milyonlarca yıldır karanlığa uyum sağladığı yerlerde karanlık alanlar kayboluyor.
> **Franz Hölker**

engelliyordu. 1988'de Amerikalı astronomlar Tim Hunter ve David Crawford, gece gökyüzünü ışık kirliliğinden korumak için Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliğini kurdu. Kendi türünün ilk örgütlenmesiydi.

O zamandan beri araştırmalar beslenme, uyuma, yırtıcılardan korunma, hatta üreme gibi yaşamsal davranışları yönetmek için aydınlık ve karanlık döngülerine güvenen hayvanlar ve bitkiler üzerinde ışık kirliliğinin etkilerini inceledi. Bu tür araştırmalar bir yığın olumsuz etkiyi açığa vuruyor. Bir inceleme, Avrupa'da ağaçların 1900'larda olduğundan iki hafta daha erken tomurcuklandığını gösterdi; bu durum, ağaçların büyüme dönemini değiştirir, yapraklarını ve meyvelerini düşürememeleri ve kışın hasarından kaçınmak için zamanında uyku evresine girememeleri anlamına gelebilir.

Kısırdöngü

Işık kirliliğinin hayvanlar üzerinde de zararlı bir etkisi vardır. Örneğin, yüksek kulelerdeki ışıklar göçmen kuşları çeker, kulelere ve elektrik direklerine çarparlar. Yapay ışık kuşların bağışıklık sistemine de zarar verir. Araştırmalar Batı Nil virüsü bulaşmış serçelerin loş ışık altında tutulduklarında karanlıkta olduğundan iki kat daha uzun süre virüsü taşıdıklarını –sivrisineklerin onları ısırıp virüsü aktarma zamanının iki katına çıktığını– bulguladı.

Hayvanlar üzerindeki olumsuz etkilerin, bitkiler üzerinde zincirleme bir etkisi olabilir. Işığa gelen güveler devamlı yapay ışık kaynaklarına kapılınca bitkin düşerek (ışık hiç sönmeyeceği için) ya da üretilen ısıdan ötürü ölebildikleri gibi, onları kolayca görebilen yırtıcılara karşı savunmasız da olurlar.

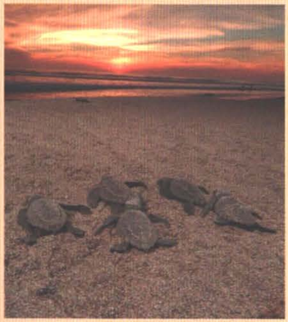
Güve sayısındaki azalma, tohum verimini etkileyen polenlenmelerine yardım ettikleri bitkiler üzerinde zincirleme bir etki yaratır. Bazı yerlerde tohum verimi yüzde 30 kadar geriledi. Sokak ışıklarının altında bir İsviçre çiçek çayırını inceleyen araştırmalar polenleyicilerin gece ziyaretlerinin üçte iki azaldığını bulguladı. ▪

> Çözüm basittir – gereksiz ışıkları kapatın, yalnızca eldeki iş için gerekli ışık miktarını kullanın, yalnızca ihtiyaç duyulan yeri aydınlatacak şekilde ışıklara siperlik takın
> **Tim Hunter**

Kaplumbağalara etkisi

Işık kirliliği, embriyolar geçirgen kabuktan nefes aldığı için karaya yumurta bırakmak zorunda olan deniz kaplumbağaları için büyük bir sorundur. Dişilerin yumurtlamak için karanlık, kumlu sahillere ihtiyacı vardır. Sahil, mesire yerlerinden, sokak ışıklarından ya da evlerden parlak ışık gelirse başka yerde yuva yapmaya bakarlar. Bütün bir kıyı şeridi aydınlatılırsa yumurtalarını uygunsuz habitatlara, hatta denize bırakabilirler ve yavrular orada ölür.

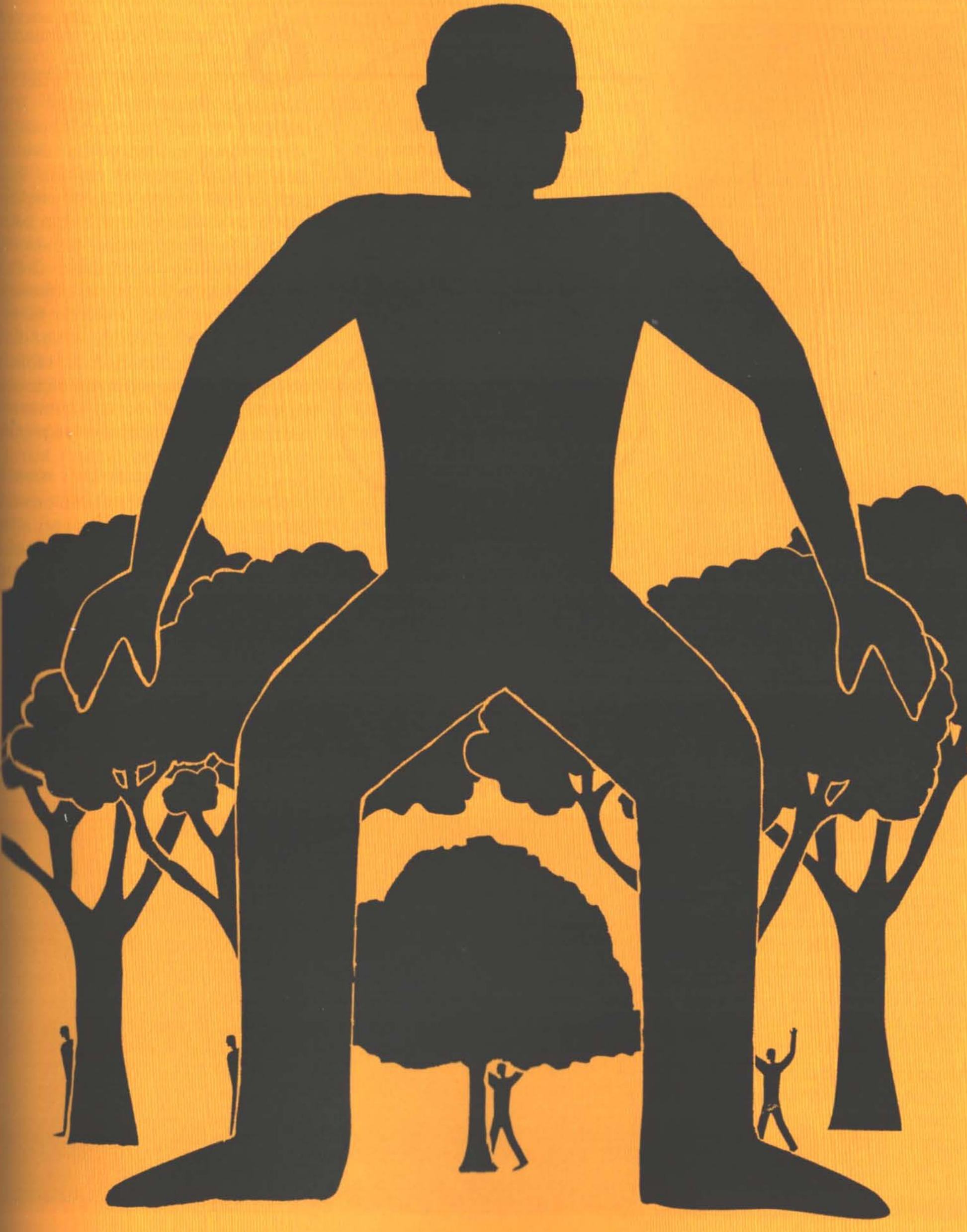
Deniz kaplumbağaları popülasyonundaki azalmanın nedeni bu tür sorunlar olabilir. Bilim insanları yumurtadan yeni çıkan yavruların en parlak ışığa doğru hareket ettiklerine inanıyorlar. Doğal koşullarda en parlak ışık, denizde parıldayan ay ışığıdır ama karada yapay ışık olursa yavrular ona doğru gider, yolda çiğnenir, yırtıcılar tarafından yenilir ya da çitlere takılırlar. Çözüm, halkın ve işletmecilerin gece, ışıkları kapatmaları ya da kaplumbağaların ışık görmediği "kaplumbağa içn güvenli" aydınlatma kullanmalarıdır.



Olive ridley deniz kaplumbağası yavruları, Meksika'da Boca del Cielo Kaplumbağa Araştırma İstasyonunda denize doğru ilerliyor.

İNSANLIK İÇİN SAVAŞIYORUM

ORMANSIZLAŞMA



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Chico Mendes (1944–88)

ÖNCE
1100–1500 Batı ve Orta Avrupa'nın büyük bölümünde ılıman ormanlar kesilip temizlenir.

1600–1900 Kuzey Amerika'da tarıma yer açmak için ormanlar kesilir.

1970'ler sonu Tropikal yağmur ormanlarının büyük ölçüde hayvancılık amaçlı kesilip temizlenmesi, dramatik bir biçimde hızlanır.

SONRA
2008 BM Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasından Kaynaklanan Salınımları Azaltma (REDD) teşvik programını başlatır.

2010 ABD, Brezilya'nın 21 milyon dolar borcunu Brezilya'nın kıyı yağmur ormanlarını koruyacak bir fona çevrir.

2015 BM Paris Anlaşması iklim değişikliği ve küresel ısınma tehdidini savuşturmak için ağaç dikme hedeflerini belirler.

"Ağaçları devirmekle... insanlar, gelecek kuşakların başına aynı anda iki felaket getirir: Yakıt yoksunluğu ve su kıtlığı."
Alexander von Humboldt
19. yüzyılda Alman kâşif

Chico Mendes, Brezilya'da **tropikal yağmur ormanlarını kurtarmak** için savaştı.

↓

Yerel eylemleri, küresel **CO_2 salınımlarını** azaltmaya yardımcı oldu.

↓

Mendes küresel bir etki yarattığını anladı: "İnsanlık için savaşıyorum."

Ormansızlaşma, ormanların ya da ağaçlıkların orman dışı kullanım için ortadan kaldırılıp dönüştürülmesidir. Bu, otlaklar da dahil; tarımsal toprağa ya da konut, sanayi ya da ulaşım alanına dönüştürmek olabilir. Tik gibi değerli olgun ağaçlar seçilip kesilince ya da yol yapımı için bazı ağaçlar kesilince orman tamamen yok edilmeden bozulabilir. Çoğu ağaç ayakta kalsa da bu, ormanın biyolojik çeşitliliği üzerinde fazlasıyla olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Ormansızlaşmanın bir biçimi de Endonezya'da yoğun bir biçimde yapıldığı gibi, temel ormanın temizlenip yerine palmiye yağı gibi tek-kültürlü plantasyonların kurulmasıdır.

Ormansızlaşma her türlü orman habitatını etkileyebilir ama en ağır etkilenen, tropikal yağmur ormanlarıdır – Yengeç Dönencesi ile Oğlak Dönencesi arasında yetişen, geniş yapraklı tropikal nem orman-

Brezilya'da tarıma yol açmak için yağmur ormanı yakılınca havaya kirletici duman yükselir. Brezilya'nın bir yılda 1,1 milyon hektar yağmur ormanı kesip temizlediği tahmin ediliyor.



Ayrıca bkz: Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işleyişi 156–157 ▪ İklim ve bitki örtüsü 168–169 ▪ Küresel ısınma 202–203 ▪ Holistik bir dünya görüşü 210–211

ları. Yağmur ormanlarına ilişkin kaygı ilk kez 1970'lerde aktivist Chico Mendes –devamında Brezilya'nın Kauçuk Toplayıcılar Ulusal Konseyinin kurucu üyesi oldu– Brezilya hükümetine, yerel halkın yemiş, meyve ve elyaf gibi doğal ürünleri sürdürülebilir bir biçimde çıkarabildiği ormanlar için koruma alanları kurma çağrısında bulununca gündeme geldi. Mendes'in sonunda hayatına mal olan kampanyası orman kesip temizlemenin yarattığı ekolojik tahribatı aydınlattı.

İnsan ihtiyacı

İnsan soyu en eski zamanlardan beri ağaçları kullanmaktadır. Ağaçlar neolitik dönemde yakıt için barınak ve çit yapmak için kesildiler. Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da ağaç yontmak için kullanılan beş bin yaşında taş baltalar ve aynı alanda balta fabrikaları bulundu. Ne var ki, ortaçağda Batı Avrupa'da 1100 ile 1500 arasında insan nüfusu hızla artınca yaygın ormansızlaşma gerçekleşti. Tarıma yer açmak için ormanları kesilip temizlendi, ev ve gemi inşası için yay, alet ve edevat yapmak için ağaç kullanıldı.

Orta Avrupa ve İngiltere'de, odundan daha yüksek ısıda yandığı için (yerini taşkömürü alana kadar) önemli bir yakıt haline gelen odun kömürü üretmek amacıyla sınai ölçekte ağaç kesildi. Sürdürülebilir üretimin erken bir örneği, birçok ağaçlık alanın, ağaçları kısmen kesilen ve daha sonra döngüsel bir odun kömürü kaynağı yaratmak için yeniden büyümelerine izin verilen baltalıklar olarak yönetildiği İngiltere'de uygulandı. Yine de 17. yüzyılda İngiltere, gemi yapımı için Baltık ülkelerinden ve ABD'de New England'dan ağaç ithal etmek zorunda kaldı.

Balta girmemiş ormanların kesilip yok edilmesi 1850 ile 1920 arasında küresel olarak hızlandı; en büyük kayıp Kuzey Amerika, Rus İmparatorluğu ve Güney Asya'da oldu. 20. yüzyılda ilgi odağı tropik ormanlara, özellikle 1947'den itibaren yarısı yok edilen tropikal yağmur ormanlarına kaydı; kapladığı kara parçası yüzde 14'ten yüzde 6'ya düştü.

Dünyada dakikada 27 futbol sahası büyüklüğünde bir orman alanının yok olduğu tahmin ediliyor. Bazı bölgeler diğerlerinden daha fazla etkilendi. Örneğin Filipinler'de geniş yapraklı tropikal ormanların yüzde 93'ü; Brezilya'da Atlantik ormanlarının yüzde 92'si; Güneybatı Çin'de ılıman kozalaklı ormanların yüzde 92'si; California'da geniş yapraklı kuru ormanların 90'ı yok oldu.

Biyolojik çeşitliliğe etkileri

Son tahminler, kesilen tüm ormanların yaklaşık yarısının geçimlik çiftçiler, üçte birinin ticari kuruluşlar tarafından gerçekleştirildiğini gösteriyor. Kentsel gelişim en kaliteli kereste için tomruk kesimi,

> Bu kadar haksızlık karşısında sessiz kalamayız.
> **Chico Mendes**



Chico Mendes

II. Dünya Savaşında müttefiklerin kullanımı için kauçuk toplayan 50.000 küsur kişilik "Kauçuk Ordusu"nda görev alan birinin oğlu olarak 1944'te dünyaya gelen Mendes, dokuz yaşında kauçuk toplayıcı olarak çalışmaya başladı. İlerici Kurtuluş Teolojisi hareketinin papazlarından etkilenen Mendes, İşçi Partisinin bir şubesinin kurulmasına yardımcı oldu ve Kauçuk Toplayıcılar Birliğinin lideri oldu.

Brezilya'nın yağmur ormanlarının büyük bölümü sığır yetiştiriciliğine yer açmak için kesilip temizlenirken Mendes kauçuk toplayıcıların ormanı kurtarma mücadelesini kamuoyuna duyurdu. Dünya Bankasını ve ABD Kongresini sığır yetiştiriciliğine fon sağlamamaya ikna etmek için Washington'a gitti. Onun yerine Mendes orman alanlarının "doğal işletmeli koruma alanları" –kamusal ve orman ürünlerini sürdürülebilir biçimde hasat etme hakkına sahip yerel topluluklar tarafından yönetilen koruma alanları– olarak korunmasını önerdi. Sığır yetiştiricileri onun hareketini bir tehdit olarak gördü ve içlerinden biri, Darcy Alves, 1988'de onu vurarak öldürdü. Mendes'in ölümünden sonra Xapuri civarında 1 milyon hektar ormanı kapsayan ilk koruma alanı kuruldu.

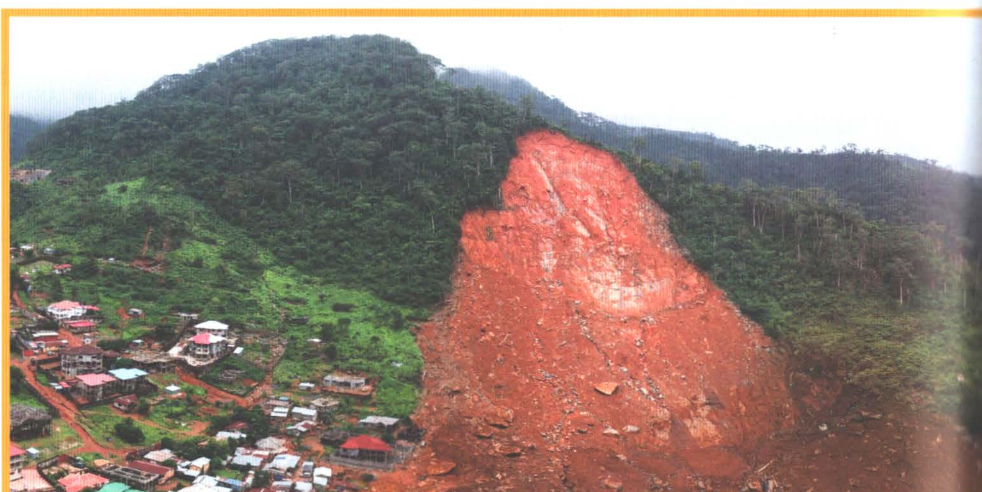
madencilik ve taşocakçılığı, yakacak için ağaç kesimi ormansızlaşmanın diğer nedenleridir. Her durumda çevre zarar görüyor. Yalnızca az sayıda memeli, kuş ve omurgasız türü çayırlarda ya da bir palmiye yağı plantasyonunda ve hatta endüstriyel ya da kentsel ortamlarda daha da azı yaşayabildiğinden biyolojik çeşitlilik özellikle etkilenir. İnsan çatışmaları da ormanlara zarar veriyor; bunun en kötü örneği Vietnam Savaşı sırasında ağaçları yapraksızlaştırmak için kullanılan Portakal Gazı kimyasalıdır.

Yağmur ormanları

Yağmur ormanlarının yok edilmesi küresel biyolojik çeşitliliğe ağır bir tehdit oluşturur çünkü dünyadaki bitkilerin ve hayvanların yarısı ila üçte ikisinin bu çevrede yaşadığı sanılmaktadır. Yağmur ormanlarında 1,5 ila 1,8 milyon tür –büyük bölümü böcekler, onlardan sonra bitkiler ve omurgalılar– halihazırda tanımlanmış durumda ancak daha birçoğu henüz keşfedilip tanımlanmadı. Örneğin Endonezya'da, Borneo'da, 0,5 kilometrekarelik bir alan, Avrupa'nın ve Kuzey Amerika'nın toplam kara kütlesinden daha fazla ağaç türü içerebilir. Böyle bir biyolojik çeşitlilik, insanlar için yaşamsal önemdedir – özellikle pek çok yeni ilaç bitkilerden elde edildiği için yağmur ormanlarının zengin deposunun imha edilmesi, hastalıkların potansiyel çarelerini de yok eder.

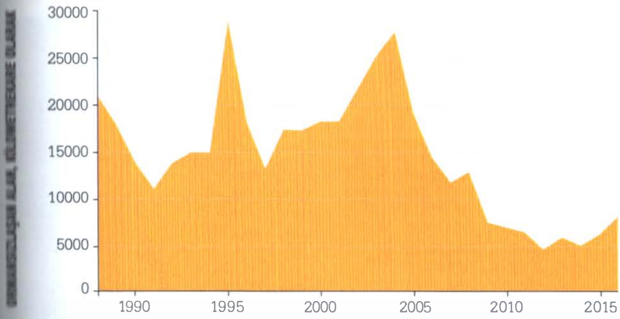
> Çevrebilimci sözcüğünü işitmeden çok önce çevrebilimci oldum.
> **Chico Mendes**

Yağmur ormanları, diğer ağaçlar ve ağaçlıklarla birlikte yağışlar için bir sünger işlevi de görür. Ağaç kökleri nemi içer ve yüzey akıntısını sınırlar. Orman kesilince ya da yakılınca toprak besin öğelerinin çoğunu kaybeder. Bir yamaçtaki orman yok olursa toprak akıp gider, geride hiçbir bitki türünün yetişmediği bir arazi kalır. Derin oluklar, kesilmemiş ağaçların altını oyup devrilmelerine neden olabilir. Şiddetli yağmurlardan sonra artan sıklıkla gerçekleşen toprak kaymaları, insan yerleşimleri de dahil, önüne çıkan her şeyi yok eder. Örneğin, Mayıs 2014'te Karayipler'de, Hispaniola adasının ormansızlaştırılan yamaçlarında şiddetli yağmur, 2.000'den fazla kişiyi öldüren toprak kaymalarına ve taşkınlara neden oldu. Öte yandan uzun, kuru hava dönemlerinde çıplak toprak, ağaçla kaplı alanlar-



Ağaçların yerini insan yerleşimlerinin alması, yamaçlardaki toprağı istikrarsızlaştırır ve 2017'de Sierra Leone'deki bu feci olay gibi heyelanların gerçekleşmesi daha fazla olası olur.

Brezilya Amazonlarında ormansızlaşma



Amazon havzasında yağmur ormanı örtüsünün azalması, küresel bir endişe kaynağıdır. Toprak yılda 8.000 kilometrekare bir hızla ağaçsızlaşıyor.

dan daha hızlı kurur, rüzgâr erozyonuna daha yatkın olur.

Küresel ısınmayı körükleme

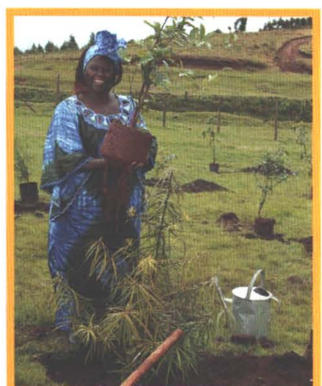
Yanan ağaçlar ya da ormanlar, atmosfere karbondioksit (CO_2) ekler. Buna karşılık her tür canlı bitki, karbonu emdikçe CO_2'yi azaltır, fotosentez yapmak için sera gazını alır ve böylelikle insan faaliyetlerinin zararlı etkisine karşı koyar. Küresel olarak ormanlar her yıl 2, 65 milyar ton CO_2 emer. Çevreciler ve iklimbilimciler, tropikal ormanların büyük bölümler halinde yok olmasının felaket olabileceği endişesi taşıyor.

Dünya'yı yeniden ağaçlandırmak

Şu anda Dünya'nın kara yüzeyinin yaklaşık yüzde 31'i ormanla kaplıdır ama Dünya'nın bazı yerlerinde rakam hızla azalıyor. Bununla birlikte, Avrupa da dahil, ormanlık alanların giderek genişlediği bölgeler de vardır. Ormansızlaşmayı sınırlama önlemleri arasında ormanları korumaları için topluluklara yapılan ödemeler ve yerel halkın sürdürülebilir bir biçimde ürün kaldırdığı doğal madde rezervleri yaratmak vardır.

Küresel olarak, daha az toprak isteyen tarım biçimleri geliştirmenin yeni yollarıyla birlikte, alternatif yakıt kaynakları bulmak gerekir. Birkaç ülke yeniden ormanlaştırma programlarına öncülük ediyor. Örneğin, 500 köyden insanların Senegal kıyısında 150 milyon mangrov ağacı diktiği bir proje, balıkçılığı geliştirmek ve pirinç tarlalarını tuzlu su akışından korumak için mangrov ormanlarını yeniden canlandıracaktır. Çinliler 2018'de 6,6 milyon hektara, İrlanda'nın yüzölçümüne eşit bir alana ağaç dikmeyi hedefledi; 2000'de Çin'in ormanla kaplı alanları yüzde 19 azalmıştı ama hedef bunu 2020'de yüzde 23'e, 2035'te yüzde 26'ya çıkarmaktır. ■

Nobel Barış Ödülü kazanan ilk Afrikalı kadın Wangari Maathai, **Kenya'da erozyonu ve ormansızlaşmayı tersine çevirmek için topluluk-tabanlı bir ağaç dikme programı başlattı.**



Amazonu yeniden ağaçlandırma

Amazon havzasında yağmur ormanının yaklaşık yüzde 17'si, 1970'lerin ortasından bu yana kaybedildi. 2015'te Birleşmiş Milletler Paris İklim Zirvesinde Brezilya, 2030 yılına kadar 12 milyon hektarı eski durumuna getirmeye söz verdi. 2017'de Conservation International, Brezilya hükümetiyle birlikte, o güne kadarki en büyük yeniden ormanlaştırma programını başlattı; buna göre Amazonas eyaleti ekim ve dikim yoluyla 73 milyon ağaç kazanacak.

Yerel topluluklar muvuca denilen bir teknik kullanarak planı uygulamaya dahil ediliyor. Bu teknik, her metrekare toprağa 200'den fazla yerli orman türünün tohumlarının serpilmesini gerektiriyor. Geleneksel ağaç dikiminden daha az emek yoğun olan bu yöntem toprağı hızla yeniden ormanlaştırabilir, hektar başına 2.500'e kadar bitki verebilir. Ekim programının dışında dikim de ikincil ormanı zenginleştirip merayı ormana dönüştürecektir.



OZON TABAKASINDAKİ DELİK, GÖKYÜZÜNE YAZILMIŞ BİR TÜR YAZIDIR

OZON İNCELMESİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Joseph Farman (1930–2013)

ÖNCE
1974 Amerikalı kimyacılar Frank "Sherry" Rowland ve Mario Molina, kloroflorokarbonların (CFC) atmosferdeki ozonu yok ettiğini öne sürer.

1976 ABD Ulusal Bilimler Akademisi ozon incelmesinin bir gerçeklik olduğunu ilan eder.

SONRA
1987 CFC'leri ve benzer kimyasalları aşamalı olarak bitirmek için küresel bir antlaşma olan Ozon Tabakasını İncelten Maddeler Üzerine Montreal Protokolü kabul edilir.

1989 Montreal'in dünya çapında CFC üretimi yasağı yürürlüğe girer (o tarihe kadar AB ve 196 devlet onaylar).

2050 Antarktika üzerindeki ozonun, 1980 öncesi düzeyine geri döneceği öngürülen yıl; ne var ki, diğer zararlı salınımlar iyileşmeyi geciktirebilir.

1982'de British Antarctic Survey (BAS; İngiliz Antarktika Araştırmaları) için çalışan bir bilim insanı ekibi Antarktika üzerindeki ozon düzeylerinin dramatik bir biçimde düştüğünü keşfetti. Atmosferde Dünya yüzeyinin 20-30 km üstünde renksiz bir gaz, ozon (O3), Güneş'in morötesi (UV) ışımasının çoğunu emen koruyucu bir kalkan olan "ozon tabakası"nı oluşturur. O olmasa, Güneş'in zararlı ışımasının çoğu yeryüzüne ulaşırdı.

1970'lerin ortasından bu yana, atmosferdeki ozon miktarında yüzde 4'lük bir azalma oldu. En büyük azalma, özellikle baharda kutupların üzerinde görüldü. Antarktika üzerinde ozon ölçümleri 1975'e kıyasla yüzde 70 düşmüş. Kuzey kutbu üzerindeki düzey, yaklaşık yüzde 30 azalmış. Bu etki tam bir delikten ziyade, ozon tabakasının incelmesi olduğundan "ozon azalması" olarak daha iyi tanımlansa da "ozon deliği" diye bilinmeye başladı.

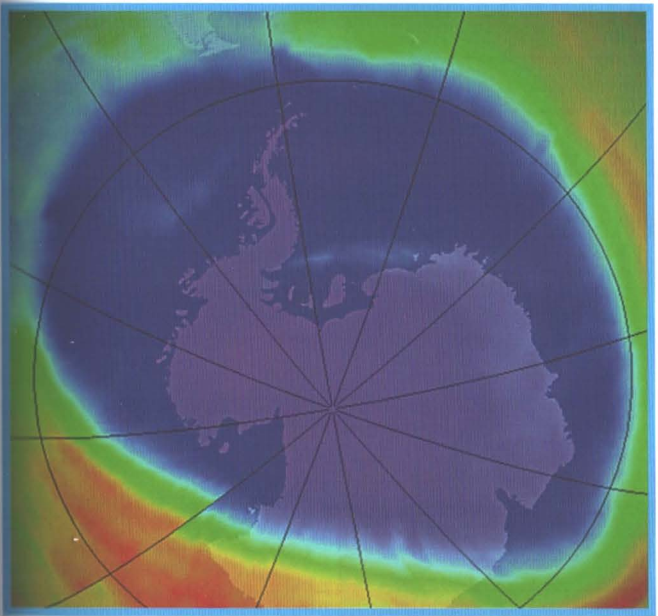
> Joe Farman, 20. yüzyılın en önemli jeofiziksel keşiflerinden birini [yaptı]
>
> **John Pyle and Neil Harris**
> ***Atmosfer bilimci, Cambridge Üniversitesi***

Antarktika keşfi

İngiliz jeofizikçi Joe Farman 1982'deki keşfi yapan ekipten biriydi. BAS ekipleri 1957'den beri Antarktika'da Halley Araştırma İstasyonunda atmosferik veri toplamaktaydı. Mali kaynakları yetersizdi ve Dobson spektrofotometresi –ancak bir yorgana sarılınca düzgün çalışan ilkel bir makine– gibi zamanı geçmiş aletlerle çalışıyorlardı.

Farman, ozon düzeylerindeki düşüşü ilk fark ettiğinde inanamadı, Dobson spektrofotometresinde bir sorun olduğunu düşündü. Ertesi yıl yeni bir alet sipariş etti ve daha da büyük bir çukur kaydetti. Ertesi yıl çukur daha da büyüdü. Sonraki yıl ekip ölçümlerini Halley'den 1.000 km uzakta aldı. Yine büyük bir çukur vardı. Farman, bunları yayımlamadan

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Çevresel geribesleme döngüleri 224–225 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ Keeling eğrisi 240–241 ▪ Çevre etiği 306–307



2014'te Antarktika üzerindeki "ozon deliği"nin bir NASA görüntüsü. Mavi alan ozonun en az olduğu yeri gösteriyor. Dünya atmosferindeki genel ozon miktarı yaklaşık 2000'den beri istikrarlıdır.

zamanı olduğuna karar verdi ve meslektaşları Brian Gardiner ve Jon Shanklin ile birlikte yazdıkları bir makale 1985'te *Nature* dergisinde çıktı.

Tepki ve yanıt

Pek çok bilim insanı Farman'ın keşfini endişeyle karşıladı: UV ışınında potansiyel artış, cilt kanserlerini, kataraktları ve güneş yanıklarını çok daha yaygınlaştıracaktı.

Ne yapılabilirdi? Ozan incelmesinin bir nedenini 1974'te Amerikalı bilim insanları Frank Rowland ve Mario Molina saptamıştı. Klor içeren gazların –aerosol spreylerde ve halojen soğutucularda kullanılan kloroflorokarbon (CFC) da dahil– UV ışığın olduğu yerde, atmosferdeki ozonla reaksiyona girip gazları ayrıştırdığı sonucuna varmışlardı. Aralarında ABD'nin de bulunduğu birkaç ülke bu ürünlerin kullanımını yasakladı ama pek çoğu henüz ikna olmuş değildi.

Ozon düzeyi 1980'ler boyunca düşmeye devam edince kanılar giderek değişti. Sonuçta 1987'de küresel bir yasak için Montreal Protokolü kabul edildi. Ozon tabakası, düzelme işaretleri veriyor ve 2075'te stratosferik ozonun 1975 düzeylerine geri döneceği umuluyor. ▪

CFC'ler

Kloroflorokarbonlar (CFC'ler) karbon, klor ve flor atomlarından meydana gelen kimyasallardır. Zehirli değildir, yanıcı değildir ve son derece kararlıdır. Düşük reaktiflikleri onları çok yararlı yapar ama aynı zamanda bu kadar yıkıcı olmalarının nedeni de budur. 100 yıldan fazla hayatta kalabilirler ve bu, atmosfere yayılmaları için onlara zaman kazandırır. Atmosferde oksijen oluşturmak üzere ozonla reaksiyona giren kloru serbest bırakmak için yoğun UV ışık tarafından parçalanırlar.

CFC'ler ilk kez 1928'de üretildi ve buzdolaplarında soğutucu olarak kullanıldı. Daha sonra bir dizi aerosol üründe, örneğin böcek spreylerinde, saç şekillendiricilerde ve sprey boyalarda kullanıldı.

CFC'lerin yedeği, ozon tabakasını daha az incelten hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) ve hidroflorokarbonlardır (HFC). HCFC'ler 2020'ye kadar aşamalı olarak sonlandırılacak. HFC'ler ozon tabakasına zarar vermez – ama çok güçlü sera gazlarıdır ve bu yüzden 2016'da, 2019'dan itibaren onların da aşamalı olarak ortadan kaldırılması konusunda anlaşıldı.



Sinek kovucu gibi aerosol ürünler 1950'lerde yaygındı. İçerdikleri CFC'lerin zararlı etkileri 1970'lere kadar bilinmiyordu.

DEĞİŞİM İÇİN BİR YETKİYE İHTİYACIMIZ VAR

DOĞAL KAYNAKLARIN TÜKENMESİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Naomi Klein (1970–)

ÖNCE
1972 BM Çevre Konferansı çevrenin korunması için uluslararası bir yaklaşım çağrısında bulunur.

1980 35 ülkede başlatılan Dünya Koruma Stratejisi sürdürülebilirlik kavramını tanıtır.

1992 Rio de Janeiro'da BM Dünya Zirvesinde üye devletler, 21. yüzyılda kaynak yönetimi planlarının ana hatlarını çizen "Gündem 21"i ortaya çıkarır.

SONRA
2015 BM Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, 17 sürdürülebilir kalkınma hedefi belirler ve 193 üye devlet tarafından kabul edilen cesur bir küresel gündem başlatır.

İşte *Bu Her Şeyi Değiştirir* kitabında (2014) Naomi Klein, hükümetlerin ve şirketlerin doğal kaynakları tüketme biçimine karşı çıktı. "Etik petrol," diyor Klein, "yalnızca çelişkili bir ifade değil, aynı zamanda büyük bir ayıptır." Bir Kanada yurttaşı olan Klein, Batı Kanada'da üç büyük petrol kumu yatağının en büyüğü olan Athabasca petrol kumu yataklarının işletilmesine karşı kampanya yürüttü. Petrol kumu yatakları, binlerce kilometre kare kozalaklı ormanın altında bulunuyor. Petrol kumlarından açık kuyu petrol çıkarmak çevreye özellikle zararlıdır. Geniş orman alanları kesilip temizleniyor, geriye kirletici havuzları kalıyor. Bu havuzlar top

Ayrıca bkz: Ormansızlaşma 254–259 ▪ Aşırı avlanma 266–269 ▪ Su krizi 286–291 ▪ İnsanın doğaya egemenliği 296 ▪ İnsanın Dünya'yı tahrip etmesi 299



Kanada'nın petrol kumlarından ham petrol çıkartmak, çevreye verdiği zararla ünlüdür. Kanada'nın yıllık sera gazı salınımlarının onda birini üretir.

toprağa, ırmaklara ve yeraltı sularına sızıp balıkları, göçmen kuşları ve diğer hayvanları öldürebiliyor.

Küresel eylem

1980'lerde sanayileşmenin çevresel etkileri ve Dünya kaynaklarının tükenmesi zaten bir kaygı konusu haline geliyordu. Birleşmiş Milletler (BM) bir Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu kurdu; Komisyon 1987'de "Ortak Geleceğimiz" denilen bir rapor yayımladı. Rapora katkıda bulunan ve aralarında bilim insanları, tarım uzmanları, dışişleri bakanları, teknoloji uzmanları ve ekonomistler bulunan uzmanlar, insanların geleceğinin, dünyadaki tüm uluslar için sürdürülebilir ve adil bir şekilde ekoloji ve ekonomiyi dengelemeye bağlı olduğunu açıkça ortaya koydu. Sürdürülebilir bir biçimde yönetilen bir dünya için mücadelede kilit alanlar, fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma ve su yönetimidir.

Beş yıl sonra 1992'de Rio de Janeiro'daki Dünya Zirvesinde 172 ülke, çevre kararlarını imzaladı. Kararlardan biri de Gündem 21'di: Hükümetlerin doğal kaynakları ve çevreyi korumak için birlikte çalışma planı. Ne var ki değişiklikleri uygulamanın zor olduğu anlaşıldı ve sonraki dünya zirveleri, belirlenen hedeflere ulaşmak için daha iyi uluslararası işbirliği çağrılarında bulundu.

Petrol üretiminin zirvesi

Fosil yakıtlar dünyanın en yüksek değer verilen kaynakları arasındadır. İnsanlar giderek petrole daha fazla bağımlı hale gelmektedir; nihayetinde de sürdürülemez bir yaşam tarzı yaratmak için onu israf etti. 1970'lerin petrol krizleri, sanayileşmiş ülkelerin ekonomik olarak



Naomi Klein

1970'te Kanada, Montreal'de, siyasal bakımdan aktif bir ailede dünyaya gelen Klein henüz gençken dünyanın çarkının nasıl çalıştığını anladı. İlk işi, bir Toronto gazetesinde, *The Globe and Mail*'deydi. Küreselleşmeyi ve şirket açgözlülüğünü eleştiren ilk kitabı *No Logo* çoksatan oldu. İkinci kitabı *Şok Doktrini* neoliberalizme saldırdı. Klein daha sonra şirket çıkarlarına karşı çevreye ve insanlığın çıkarlarına öncelik veren kampanyalar yürütmeye başladı. İşte *Bu Her Şeyi Değiştirir* kitabı daha sonra bir filme dönüştürüldü. Klein'ın yürüttüğü kampanyalar arasında, Keystone XL boru hattı inşasına karşı bir protesto da yer alır – fosil yakıt kullanımına ve iklim değişikliğine karşı mücadelede bir simge. Kasım 2016'da Avustralya'nın Sydney Barış Ödülüyle ödüllendirildi.

Önemli eserleri

2000 *No Logo*
2007 *The Shock Doctrine: The Rise of Disaster Capitalism*
2014 *This Changes Everything: Capitalism vs The Climate*

> … doğal kaynakların korunması temel sorundur. Bu sorunu çözmezsek diğer tüm sorunları çözmemizin bir yararı olmayacak.
> **Theodore Roosevelt**

yaşayabilir bir arza ne kadar bağımlı olduklarının altını çizdi. Bununla birlikte, petrolün sınırlı bir kaynak olduğu da anlaşıldı. Bilim insanları sorunu irdelemiş ve pertol üretiminin zirve yaptıktan sonra, tükeneceği ya da çıkarılmasının ekonomik olmayacağı tarihi hesaplamıştı. 1974'te pertol üretiminin zirve tarihi 1995 olarak öngörüldü – tüketim oranları, kullanılabilir teknoloji ve henüz keşfedilmemiş rezervler gibi çok sayıda potansiyel değişken ve bilinmezlik bulunduğu uyarısıyla birlikte. 21. yüzyılın başında yeni tarihler verildi; bazıları petrolün tarih cetvelini 2030'a ya da ötesine kadar uzattı. Ne var ki, 2011'de ABD'li çevreci Bill McKibben bir petrol üretimi zirvesi hesaplamanın yararsız olduğunu ilan etti; bilinen tüm petrol rezervleri yakılsa üretilen karbon, gezegenin ısısını 2°C yükseltmek –iklimbilimcilerin 2009'da hesapladığı "güvenli" sıcaklık sınırı– için gerekli miktarın beş katı olacaktı. Bilim gelişti ama fosil yakıt yakmanın öngörülen riskleri vahim olmaya devam ediyor.

Ağaçları kurtarma

Ormanlar dünyanın kaybedemeyeceği değerli bir doğal varlıktır. Sayılarının azalması iklim için önemli bir tehdit oluşturmaktadır; ağaçlar "karbon yutakları"dır, yani büyümek için içlerine karbondioksit alıp kullanırlar. Bu da karbonun küresel ısınmaya katkıda bulunmasını önler. Ağaçlar yenilenebilir bir kaynaktır ve insanlar, işletmeler ve ülkeler fosil yakıt kullanımını dengelemek için ağaç diker ama yeterli sayıda değil. Dünyanın Dostlarına göre, dünya çapında yıllık orman kaybı, küresel sera gazı salınımlarının yüzde 15'ine doğrudan neden olmaktadır.

Dünya'daki türlerin yüzde 50'sini barındırdığı hesaplanan yağmur ormanları, ormansızlaştırmaya karşı özellikle savunmasızdır. Amazon yağmur ormanlarının yaklaşık yüzde 17'si son 50 yılda kaybedildi. "Ortak Geleceğimiz"in öne sürdüğü gibi sorun, kısmen, gelişmekte olan ülkelerin madencilik, kerestecilik ve endüstri bitkileri için yağmur ormanlarını kesip temizledikleri takdirde büyük şirketlerden para kazanabilmeleridir. Örneğin Endonezya'da palmiye yağı plantasyonlarına yer açmak için yoğun ormansızlaştırma gerçekleşti. Greenpeace'in bildirdiğine göre, son 50 yılda kesilen, yakılan ya da bozulan Endonezya yağmur ormanı miktarı Almanya'nın iki katı büyüklüğünde bir alana eşdeğerdir. BM ve diğer kuruluşlar, ormanlarını daha sürdürülebilir bir biçimde yönetmeleri için gelişmekte olan ülkelere teknik yardım ve mali teşvik sunmaktadır.

Bozulan toprak

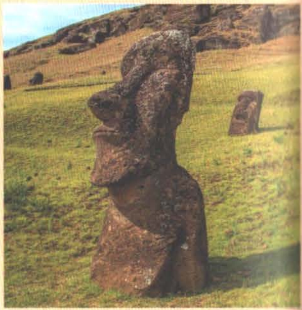
Yüzey toprağı, muhtemelen, dünyanın en az değer verdiği kaynaklar

Paskalya adası

Paskalya adasının kadim halkının kaderi, doğal kaynakları yönetmenin önemini gösterir. Bir zamanlar muazzam taş anıtlar diken 12.000 kişilik bir topluluk 1722'de Avrupalılar adayı keşfettiği sırada yalnızca 2.000 kişiye inmişti.

Kırılgan bir ekosistemin kötü yönetilmesi, özellikle kitlesel ormansızlaşma ve kabileler arasında savaş, ölmelerine neden olmuştu. Devasa kafalar, ya da moai, taştan yapılmıştır ama onları taşocaklarından tören alanlarına taşımak için yuvarlak kütüklere ihtiyaç vardı. Adaların palmiyeleri kesilince balıkçı kanolarına ağaç kalmadı ve bu da birçok kişinin açlıktan ölmesine yol açtı.

Son trajedi, 1862'de köle tüccarlarının gelmesiyle başladı; 1500 adalıyı yakalayıp Peru'ya götürdüler ve orada neredeyse tümü öldü. Sonunda yuvaya dönmeyi başaran 15 adalı, istemeden adaya çiçek hastalığını soktu. 1877'de yalnızca 111 ada sakini hayattaydı.



887 kadar *moai* heykellerin yapıldığı taşların kaynağı olan Paskalya adasının volkanik krateri Rano Raraku'nun yamaçlarını kaplıyor.



İtalyan ressam Paolo Uceello'nun bu 15. yüzyıl tablosundaki gibi sık ormanlar Avrupa'ya geri dönüyor; 1990'lardan beri ormanlar 17 milyon hektar büyüdü.

dan biridir. Hayvanlardan, mikroplardan, bitki köklerinden ve minerallerden oluşan bu geniş ekosistem yavaş oluşan ve kolay kaybolan karmaşık ve hassas bir yapıdır. Dünya Yaban Hayat Fonu, son 150 yılda Dünya'nın yüzey toprağının yarısının rüzgâr ve yağmurla erozyona uğradığını hesaplıyor. Parçacıklar akarsu ve ırmaklarda toplanır, onları tortuyla doldurur. Toprak kaybı, aşırı hayvan otlatma, engellerin kaldırılması ve toprak yapısını etkileyen tarım kimyasallarının kullanılması nedeniyle gerçekleşir. Toprağı dinlendirme, teraslama, setler ve stratejik dikim gibi önlemler yardımcı olabilir. Örneğin Nepal'deki Aamdanda köyünde dik yamaçlar süpürgeotlarıyla sağlamlaştırılır. Süpürgeotları, toprağı tutar; aynı zamanda hayvan yemidir ve köylülerin sattığı süpürgeleri yapmak için kullanılır.

Su baskısı

Temiz içme suyu sınırlı bir kaynaktır. Dünya yüzeyinin yüzde 75 kadar suyla kaplıdır ama bunun yüzde 97,5'i tuzlu sudur. Geriye kalan yüzde 2,5'in çok büyük bölümü buzullarda ya da derin yeraltı aküferlerinde kilitlidir. Dünya'daki tüm suların yalnızca yüzde 1'inin yüzde biri insan kullanımına uygundur. Aynı zamanda içme suyu eşit dağılmamıştır; Dünya'nın sıcak, çorak alanlarında, ılıman kuşaktakinden doğal olarak daha kıttır.

Nüfus baskıları ve zenginlik de su kaynaklarını etkiler. BM herkesin günde en az 50 litre tatlı suya erişimi olması gerektiğine inanıyor ama Sahraaltı Afrika'da insanlar günde 10 litreyle idare ederken ortalama Amerikalı 350 litreye sahip oluyor.

Dünyada su kaynakları da büyük şirketlerce satın alınıyor. Bazı bilim insanları şu andaki su kullanım örüntülerimiz devam eder ve nüfus şimdiki oranda artarsa 2030'da küresel temiz su talebinin, arzı yüzde 40 aşacağı uyarısında bulunuyor.

Gelecek planları

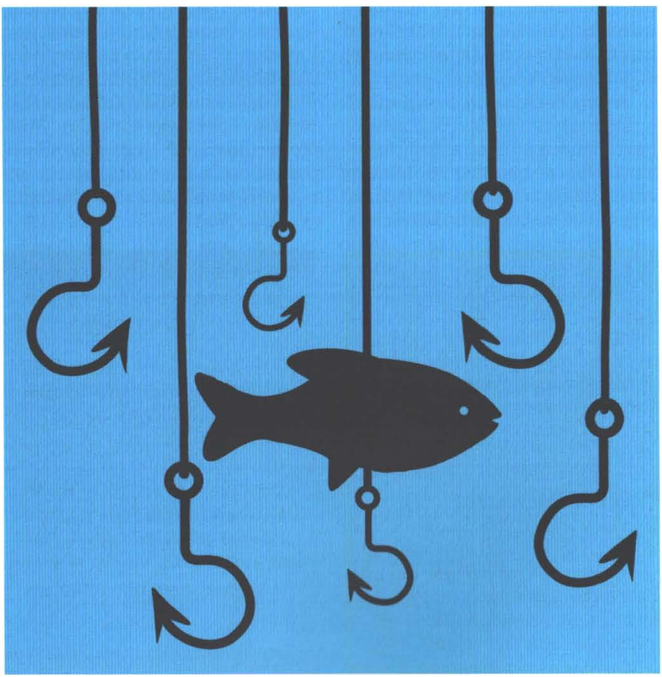
Dünyayı insan yıkımından kurtarmak için açıkça yeni stratejilere ihtiyaç vardır. Yeni doğan çok-disiplinli bir alan geçiş mühendisliği yardımcı olabilir. Bu mühendislik, çevresel etkileri en aza indirmenin ve kaynakları yönetmenin yenilikçi yollarını bulmak için var olan işletmeleri, örgütlenmeleri ve sistemleri kullanmayı amaçlıyor.

Kısmen Naomi Klein gibi insanların kampanyaları sayesinde biraz ilerleme kaydediliyor. Birçok Avrupa ve Asya ülkesi, fosil yakıtlı taşıtları aşamalı olarak ortadan kaldırmayı kararlaştırdı. Bununla birlikte, diğer alanlarda, sosyoekonomik ve siyasal sorunlar reformların önünde engel olmaya devam ediyor. "Ortak Geleceğimiz"in ifade ettiği gibi, insanlığın hedef ve özlemlerini karşılamak, "hepimizin aktif desteğini gerektirecek"tir. ■

> İnsan toplumumun varlığını sürdürmesi bakımından düşünmelisiniz... Mesele yalnızca değişimin büyüklüğü değil, değişme hızıdır da.
>
> **Benjamin Horton**
> ***İngiliz coğrafyacı***

GİTGİDE BÜYÜYEN BALIKÇI TEKNELERİ GİTGİDE KÜÇÜLÜP AZALAN BALIKLARI KOVALIYOR

AŞIRI AVLANMA



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
John Crosbie (1931–)

SONRA
1946 Balina avcılığını gözden geçirmek ve kontrol etmek, yüzyıllarca süren avlanmadan sonra dramatik gerilemeyi tersine çevirmek için Uluslararası Balina Avcılığı Komisyonu kurulur.

1972 Aşırı avlanma ve güçlü bir El Nino, Peru'nun hamsi balıkçılığının çökmesine –ulusal ekonomiye büyük darbeye– neden olur

SONRA
2000 Dünya Yaban Hayat Fonu morina balığını tehlike altındaki türler listesine koyar ve bir Okyanus Kurtarma Kampanyası başlatır.

2001 Jeremy Jackson ve diğer deniz biyologları aşırı avlanma tarihinin izini sürer.

2010 UNESCO Aichi Biyolojik Çeşitlilik Hedef 11, 2020'ye kadar kıyı ve deniz alanlarının onda birini koruma çağrısında bulunur.

1992'de bir yasa, Kanada'nın Atlantik Maritime Ekozonu eyaletlerinin ekolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel yapısını değiştirdi. Federal Balıkçılık ve Okyunuslar Bakanı John Crosbie, Atlantik morina balığı avcılığında moratoryum ilan etti; bundan böyle okyanusta morina balığı hasadı yapılamayacaktı. Kararı bir zorunluluktu; kuzey morinaların hacmi önceki düzeyin yüzde 1'ine inmişti. Bölgede o kadar aşırı avlanma olmuştu ki balıkçılığın devam etmesine izin verilmesi durumunda düzelme gerçekleşemezdi. Crosbie buna meslek yaşamının en çetin siyasal ânı dedi. Karar binlerce Kanadalıyı işsiz bıraktı. 500

Ayrıca bkz: Holistik bir dünya görüşü 210–211 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ İnsanın Dünya'yı tahrip etmesi 299 ▪ Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi 322–323



yıldır morina balıkçılığı Maritime sakinlerinin geçimini sağlamaktaydı, özellikle Newfoundland'da.

1992 moratoryumunun başlangıçta yalnızca iki yıl süreceği varsayıldı ama stoklar iyileşmeyince hâlâ büyük ölçüde devam ediyor. 2005'ten 2015'e kadar Newfoundland'in kuzey kıyısı boyunca kuzey morina hacmi her yıl yaklaşık yüzde 30 arttı ama güneydeki stoklar o kadar hızlı iyileşmedi. Ne var ki 2017 ve 2018'de morina balığı sayısı keskin bir biçimde düştü ve genel stoklar hâlâ geniş ölçekli balıkçılığı destekleyemeyecek kadar düşüktür. İklim değişikliği soruna katkıda bulunmuştur: Daha yüksek sıcaklıklar, hem morina balığının hem de onun besin kaynaklarının hayatta kalma mücadelesi verdiği koşullar yarattı. Morina sayılarının iyileştiği yerlerde morinaların karides yemeye başlaması büyük ölçüde karides ve yengeç yakalamaya yönelen Newfoundland balıkçılarına ikinci bir darbe oldu. Ekosistem hem büyük öçekli karides ve kabuklu deniz hayvanı sanayini, hem büyük ölçekli balıkçılığı destekleyemeyez.

Sürdürülebilir bir hasat

Newfoundland sorunu çoğu kez maksimum sürdürülebilir verim kavramına dayanan balıkçılık yönetiminin karmaşıklıklarını gös-

Deniz koruma alanları

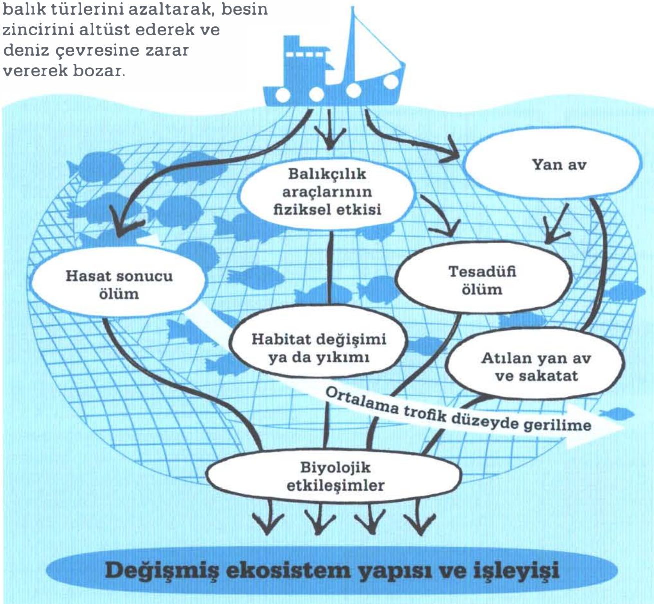
Balık yönetiminin ümit vaat eden bir aracı, balık rezervlerini ve ekosistemleri yasal olarak koruyan deniz koruma alanları (DKA'lar) yaratmaktır. DKA'lar Dünya okyanuslarının yaklaşık yüzde 3,5'ini kaplar ama DKA'ların yalnızca yüzde 1,6'sı balıkçılığın, malzemeleri çıkarılmasının, çöp dökmenin, sondaj yapmanın ve dip taramanın yasak olduğu en güçlü "avlanmaya kapalı bölgeler"dir. Bilimsel araştırmaların bir meta-analizi değişik balık türleri hacminin, tam korumalı deniz koruma alanlarında, koruma olmayan alanlardakinden ortalama olarak yüzde 670, kısmen korunan DKA'lardan yüzde 343 daha büyük olduğunu gösterdi. Tam deniz koruma alanları zarar görmüş ekosistemleri etkili bir şekilde korur ve eski haline geri getirir. Pasifik Line adalarının korumalı bölgelerinde mercan resifleri bir El Nino olayından sonra on yıl içinde kendine geldi ama korumasız alanlarda bir düzelme olmadı. Bazı araştırmalar, yasal olarak zorunlu koruma alanlarının kendi sınırları dışındaki balıkların yenilenmesine bile yardımcı olabileceğini gösteriyor.



Büyük gözlü trevally balıkları, köpekbalıklarıyla ünlü Doğu Tropikal Pasifikte en büyük balık yasağı bölgesi Malpelo Fauna ve Flora Koruma Alanında bulunan birçok türden biridir.

Ekosistemi bozma

Büyük ölçekli balıkçılık operasyonları deniz ekosistemlerinin dengesini çeşitli yollarla, hedef balık türlerini azaltarak, besin zincirini altüst ederek ve deniz çevresine zarar vererek bozar.



> Kahrolası sudan balık almadım.
> **John Crosbie**

terir; bu kavrama göre, denizden hasat edilen balık hacmi üremeyle yenilenen hacme eşit olmalıdır. Bu, genellikle bir sezonda yakalanabilir balık sayısını sınırlayan kotalarla sağlanır. Kotalar sürdürülemez balıkçılığı dizginleyebilir: Örneğin, 2015'te Amerikan sularındaki balık rezervlerinin yüzde 16'sı aşırı avlandı – 2000'deki yüzde 25'ten bu noktaya geldi. Bununla birlikte kota sistemi, balıkçıları olası en büyük balıkları alıp küçük balıkları suya geri atmaya teşvik edebilir; denize geri atılan balıklar çoğu kez yakalanmanın stresiyle ölür. Birçok durumda kotalar gerçekten sürdürülebilir bir sınırda belirlenmez ve uzun erimli sürdürülebilirlikten çok, daha fazla balık yakalamanın kısa erimli ekonomik kazançlarına odaklanır. Okyanusların erişime açık doğası, yasadışı balıkçılık, düzenleme ve denetim yokluğu gibi faktörler, balıkçılık yönetimini daha da zorlaştırabilir.

Dünya çapında bir kriz

Aşırı avlanma şimdi küresel bir sorundur; Dünya'nın balık yataklarının yüzde 30'undan fazlası biyolojik sınırlarının ötesinde hasat edilmekte ve balık rezervlerinin yüzde 90'ı şu anda sınırdadır ya da aşırı avlanmaktadır. Balıkçılık iş olanağı sağlamaya ve tüketici talebini karşılamaya devam edecekse sürdürülebilir yönetim zorunludur. Benimsenen yönetim stratejileri sorunun doğasına bağlıdır. Balıklar olgunlaşmadan yakalanıyorsa balık rezervinin gelecekte maksimum düzeyde üreme ve sayısını koruma yeteneğini sınırlar. Minimum balık büyüklüğü sınırları belirlemek, bu tip aşırı avlanmayı kontrol etmeye yardımcı olabilir. Çok fazla olgun balık avlanıyorsa geride üremeyip mevcut popülasyonu yenileyemeyecek kadar az balık kalabilir. Bu durumda, moratoryum ve kota önlemleri işe yarayabilir. Son olarak, bir balık yatağı, ekosistemin kendisi değişecek ve balık rezervini sürdürülebilir bir düzeyde artık destekleyemeyecek kadar azaldığında aşırı ekosistem avcılığı gerçekleşir. Genellikle büyük yırtıcı balıklar aşırı avlanıp küçük yem balık popülasyonunun artıp tüm ekosistemi değiştirmesine izin verilince gerçekleşir. Kuzey Atlantik morina balığı yataklarında bu gerçekleşti: Morina balığının üç temel besini –karides, yengeç ve kapelin balığı– onları kontrol altında tutacak morina balığı kalmayınca sayıları arttı.

Aşırı avlanma sorunu okyanus ekosistemlerini etkileyen iklim değişikliği ve kirlenmeyle birlikte daha da ağırlaşıyor. Küresel ısınma

devam ederse okyanus sıcaklıklarının artmasına neden olur, deniz buzu daha fazla erir, rüzgâr ve akıntı örüntüleri değişir. Sonuç olarak üst okyanusun besin öğeleri okyanus dibine aktarılır, deniz ekosistemleri aç kalır ve okyanus besin zincirinde temel besin işlevi gören fitoplanktonların fotosentezi azalır. Üç yüzyıl içinde –2300'de– Dünya'nın balık yatakları yüzde 20 daha az üretken ve Kuzey Atlantik ile Batı Pasifik'te yüzde 50 ile 60 arasında daha az üretken olabilir. 2018'de California Üniversitesinde bilim insanlarınca hesaplanan öngörüler, aşırı küresel ısınmaya –9,6°C'lik bir artışa– dayanıyor ama modelleri bunun bir olasılık olduğunu gösteriyor.

Yeni çözümler bulmak

1960'larda 9,9 kg olan kişi başına deniz besini tüketimi 2016'da 20 kg'yi geçti. Küresel talebin 2030'da 236 milyon tona ulaşacağı öngörülüyor. Su ürünleri kültürü, balık ve deniz ürünü çiftçiliği talebin çoğunu karşılamaya başladı ve yabani balık rezervleri üzerindeki baskıyı azaltma potansiyeli taşıyor. Ne var ki, su ürünleri kültürünün de kendi sorunları var. Suya atılan katı maddeler ve besin öğeleri çevrenin bozulmasına neden olabilir. Bir çiftlikte çok sayıda balıktan çıkan arganik maddenin birikmesi tortu kimyasını değiştirebilir ve bu da etraftaki suyu etkiler. Ayrıca balıklar çiftlikten kaçabilir, dolayısıyla dışarıdaki tatlı suya ya da deniz ortamına, yabancı türler ya da hastalıklar sokulur.

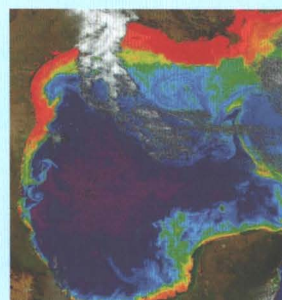
Balık çiftçiliği, talebi karşılamaya yardımcı olmakla birlikte, aşırı avlanma hâlâ Dünya'nın deniz ekosistemlerinin sağlığı ve birçok ülkenin ekonomik geleceği için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Kanada'nın moratoryumu, Newfoundland'in ve komşu eyaletlerin ekonomisini ve kültürünü kesintiye uğrattı. Bu tür krizlerden kaçınmak için, daha fazla hükümet, sürdürülebilir balıkçılık pratikleri geliştirmek, ekosistemlerin ve balık rezervlerinin sağlığını korumak zorundadır. ■



Çin'de bir açık deniz somon çiftliği Norveç yolculuğuna başlıyor. Devasa, yarı-batan silindir balık çiftliği platformu yılda 1,5 milyon somon üretmek için tasarlanmıştır.

Kirliliğin etkileri

İki ana kirlilik tipi deniz ekosistemlerine zarar verir. Yapay gübrelerden akıntı yaygın bir sorundur: Birçok gübrenin içerdiği nitrojen ve fosfor, daha sonra ölen alg patlamaları (aşırı alg ya da fitoplankton çoğalması) üretir. Ölen algler ayrışınca oksijen alıp suda yaşam sürdüremeyen bir "ölü kuşak" yaratır. Balıklar böyle bir sudan ayrılmak ya da yok olmak zorunda oldukları için, kıyıya yakın yaşayan yavru balıklar açık denize taşınmadan önce risk altındadır. 2017'de Meksika körfezinde yıllık ölü kuşak 22.000 kilometrekareden fazlaydı. Plastik kirliliği de bir tehdittir; hem balıklar yer hem ağlara ve döküntülere takılır. Hesaplamalar, okyanuslarda 5 trilyon parçadan fazla plastik olduğunu ve buna her yıl 8 milyon ton eklendiğini gösteriyor. Plastik kirliliği kontrolsüz devam ederse okyanuslardaki plastik hacmi 2050'de balıkları geçecek.



Yoğun fitoplankton patlamaları, Meksika körfezinin bu uydu görüntüsünde kırmızı olarak görünüyor. Bakteriler çürüyen algleri parçalarken CO_2 salıp oksijen emer.

BİRKAÇ TAVŞAN GİRMESİ FAZLA ZARAR VEREMEZ

İSTİLACI TÜRLER



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Ryan M. Keane, Michael J. Crawley (1949–)

ÖNCE
1951 Uluslararası ticaretin bir sonucu olarak bitki zararlılarının ve bitki ürünlerinin ortaya çıkmasını ve yayılmasını önlemek için Uluslararası Bitki Koruma Sözleşmesi düzenlenir. Birçok ülke tarafından benimsenir.

1958 İngiliz çevrebilimci Charles Elton'ın *The Ecology of Invasions by Plants* and Animals'ı istila biyolojisi üzerine yayımlanan ilk kitaptır.

SONRA
2014 Belfast'ta Queen's Üniversitesinde ve Güney Afrika'da Stellenbosch Üniversitesinde, "dünyanın en kötü" istilacı türlerine ilişkin çevrebilimcilerin yaptığı araştırmalar bu türlerin ekolojik etkilerinin davranışlarından öngörülebildiğini açığa çıkarır.

Ekosistemlere en büyük zararı bazen istilacı türler verir. Bunlar, bir ekosiste-min yerlisi olmayan, bilerek ya da kazayla insan eylemi sonucu ekosisteme giren bitkiler, hay-vanlar ya da diğer organizmalar-dır. Yerli bitkilerin ve hayvanla-rın rakipleri, yırtıcıları, parazitleri ve melezleyicileri olup sonunda bu türlerin varlığını sürdürme-sini tehlikeye sokabilir.

Tavşanların artışı

En ünlü tür istilalarından biri, Avustralya'da Avrupa tavşanı-nın istilası olmuştur. Bu istila 1788'de, İngiltere'den gelen 11

Ayrıca bkz: Yırtıcı-av denklemleri 44–49 ▪ Yırtıcıların, avları üzerindeki tüketici olmayan etkileri 76–77 ▪ İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Besin zinciri 132–133 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ Kaotik popülasyon değişimi 184



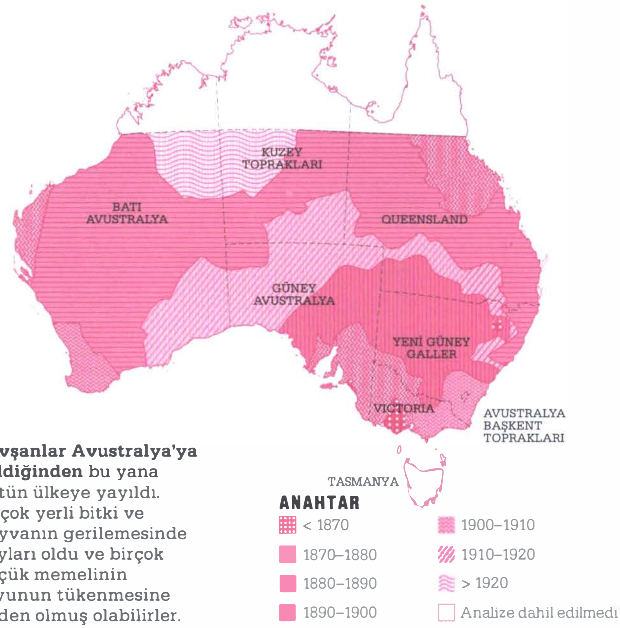
Alacalı uğurböceği, dünyanın en istilacı uğurböceğidir. İlk kez 2004'te görüldüğü İngiltere'de, yedi yerli uğurböceği türünün gerilemesinden sorumlu olduğu söylenir.

gemi, ilk Avustralya ceza sömürgesini kurmak için Botany Körfezine yanaşınca başladı. "Birinci Filo"nun güvertesinde 1000'den fazla mahkûm ve göçmenle birlikte besin için getirilen altı Avrupa tavşanı da vardı.

1840'larda tavşanlar Avustralya'da demirbaş besin haline gelmişti ve etrafı taşla çevrili alanlarda tutuluyorlardı. 1859'da bir yerleşimci, Thomas Austin, 12 çift Avrupa tavşanı ithal edip Victoria, Geelong'a yakın arazisine bırakınca her şey değişti. Yirmi yıl sonra tavşanlar Güney Avustralya ve Queensland'e, sonraki yirmi yılda da Batı Avustralya'ya göçmüştü. 1920'de tavşan popülasyonu 10 milyardı.

Tavşanlar masum yaratıklar gibi görünür ama Avustralya'nın yerli türlerini mahvettiler; çimen, ot, kök ve tohum gibi kaynaklar için yerli türlerle rekabete girdiler ve toprağın kalitesini bozdular. Özellikle, hayatta kalmak için bulabildikleri her şeyi yedikleri kuraklık zamanlarında sorun oldular. Yabani tavşan popülasyonunu kontrol etmek için,

Avustralya'da tavşanların yayılması



Tavşanlar Avustralya'ya geldiğinden bu yana bütün ülkeye yayıldı. Birçok yerli bitki ve hayvanın gerilemesinde payları oldu ve birçok küçük memelinin soyunun tükenmesine neden olmuş olabilirler.

1950'de ve 1995'te, 3200 km'yi aşan tavşan geçirmez çitlerden daha başarılı miksoma virüsü ve tavşan kalisivirüsü yaymaya kadar uzanan çeşitli girişimlerde bulunuldu. Virüslerin neden olduğu hastalığın tavşan sayısını kontrol etmenin ve yerli türleri korumanın en etkili yolu olduğu anlaşıldı.

Başarının sırları

İstilacı türler dünyaya yayılınca bilim insanları bu türleri bu kadar başarılı yapan şeyin ne olduğunu ve kazayla daha fazla ekosistem sorunu yaratmadan bunların nasıl kontrol edileceğini belirlemeye çalıştı. Başarılı olamayan istilacı türlerle ilgili karşılaştırmalı veri yokluğuna rağmen bilim insanları, belli türlerin yerlisi olmadıkları çevrelerdeki başarısını açıklamak için, kaynak bulunabilirliği hipotezi, artan rekabet yeteneği geliştirme hipotezi ve düşmandan kurtulma hipotezi gibi bir dizi teori geliştirdi.

Genel olarak tür başarısı bir dizi genetik, ekolojik ve demografik faktöre bağlıdır. İlk kez 1985'te çevrebilimciler Phyllis Coley, John Bryant ve F. Stuart Chapin'in önerdiği kaynak bulunabilirliği hipotezine göre, isti-

Zebra midyesi

Zebra midyesi örneği, istilacı türlerin kontrolüne ve yarattığı zorluklara yaklaşımın değişik yollarını gösterir. Zebra midyeleri küçük, tırnak büyüklüğünde, kabukları siyah çizgili bir yumuşakçadır. Bu midye Avrasya yerlisidir ama 1988'de Kuzey Amerika'nın Büyük Göller bölgesinde keşfedildi; olasılıkla Avrupa'dan gelen gemilerin boşalttığı safra suyuyla buraya taşındılar. Ondan sonra zebra midyeleri Orta-batı Amerika Birleşik Devletleri'ne yayıldı ve California kadar batıda da bulundu.

Zebra midyeleri deniztaraklarına ve diğer midyelere yapışır, yerli türlerin hayatta kalmak için yiyecek olarak ihtiyaç duyduğu algleri filtreler. Enerji santrallerinde ve içme suyu şebekelerinde kullanılan su alma borularına da yapışır. Şu andaki kontrol mekanizmaları kimyasallar sıcak su ve filtreleme sistemlerinden oluşmaktadır. Bu çözümlerin her biri biraz başarılı oldu ama hiçbiri güvenli bir biçimde midyelerin kökünü kurutmadı. Sonuç olarak, ABD'nin su yollarına yayılmaya devam ediyorlar.

> Dünyanın fauna ve florasında büyük tarihsel kasılmalardan birini görüyoruz.
> **Charles Elton**

İstilacı türler neden başarılı olur?

- Yerli türlerden **daha az düşmanları** vardır.
- Yeni çevreye **çok uygunlar.**
- Yerli türleri **rekabet dışı bırakırlar.**
- **Yerli** türler için **zehirliler.**

lacı bir tür yeni çevresine zaten uygun olduğu ve kaynak fazlası avantajından yararlanabildiği için gelişir. Çevrebilimciler Bernd Blossey ve Rolf Nötzold'un yayımladığı artan rekabet yeteneği geliştirme hipotezinin öne sürdüğüne göre, yeni yerleştikleri çevrelerinde daha az otçulla karşılaşan istilacı bitkiler üremeye ve hayatta kalmaya daha fazla kaynak ayırabilir ve böylece yerli türlere karşı retabet üstünlüğü kazanabilirler. Çevrebilimciler Ryan M. Keane ve Michael J. Crawley'in 2002'de "Egzotik Bitki İstilaları ve Düşmandan Kurtulma Hipotezi" başlıklı bir makalede ortaya attığı düşmandan kurtulma hipotezine göre ise, istilacı türün, yeni çevresinde daha az düşmanı vardır ve bu yüzden daha hızlı yayılabilir. Gerçek şu ki, istilacı türlerin başarısı muhtemelen birçok mekanizmanın birlikte çalışmasından kaynaklanır.

İstilacı bitkiler

Sarmısakotu (*Alliara petiolata*), istilacı türlerin başarısıyla ilgili hipotezleri destekler gibi görünen bir bitkidir. Avrupa'nın, Batı ve Orta Asya ile Kuzeybatı Afrika'nın yerlisi olan sarmısakotu, yemeklerde ve ilaçlarda kullanılmak üzere ilk yerleşimciler tarafından Kuzey Amerika'ya getirildi ve hızla yayıldı. Sürekli yayılma, ağaç fidelerinin büyüme hızını etkiledi ve yerli bitki çeşitliliğini azaltıp istila edilen orman ekosistemlerinde değişikliklere yol açtı.

Kendi yerli ortamında sarmısakotu 69 böcek türü tarafından tüketilir ve bu böceklerin hiçbiri Kuzey Amerika'da yoktur. Bu yırtıcı yokluğu ve bitkinin istila başarısı düşmandan kurtulma



Sarmısakotu Kuzey Amerika'da oldukça istilacıdır, diğer bitkilere engel olur. Kendi yerli habitatında, ağır bir kokusu olmasına rağmen, çekici bir yabançiçeği sayılır.



1935'te Avusturalya'ya sokulduklarından bu yana dev kurbağalar, çok daha hızlı üredikleri için yerli kurbağları rekabette geride bıraktı.

hipotezine destek verir. Sarmısakotu yerli bitkilerle kaynak rekabetini de başarıyla yürütüp kaynak bulunabilirliği hipotezini destekliyor. Bitki, hatta çimlenmeyi ve büyümeyi engelleyerek yerli bitkilere "saldırabilen" ikincil bileşikler yayar. Bu, çevrebilimciler Wendry M. Ridenour ve Ragan M. Callaway'in 2004'te önerdiği, istilacı türlerin yerli türler karşısında kendilerine temel bir avantaj kazandıran biyokimyasal silahlara sahip olduklarını varsayan "yeni silahlar" hipotezini destekler.

Kontrol sanatı

Başarılı istilacı türleri kontrol etmek son derece zordur, kökünü kazımak ise neredeyse olanaksızdır. İstilacı tür bir bitkiyse ortadan kaldırmanın en açık yolu sökmek ya da kesmektir ama bu tür yöntemler, özellikle geniş bir alanda çok emek-yoğundur. İstilacı türleri yok etmek için kimyasal kullanımı çoğu kez başarılıdır ama yerli türleri de öldürebilir, toprağın sağlığını bozabilir ve insanlara da zarar verebilir.

Sıkça kullanılan ve biyolojik kontrol ya da "biyokontrol" olarak anılan bir yöntem, istilacı bir türü düşmanlarıyla kapıştırır. Erken bir başarıyla, kaktüs güvesi, kaynanadiliyle beslenmesi için 1926'da Güney Amerika'dan Avustralya'ya sokuldu. Kaynanadilinin kendisi de 1770'lerde ülkeye sokulmuştu ve Yeni Güney Galler ile Queensland'de tarım arazilerini boğuyordu. 1930'ların başında pek çok kaynanadili yok edilmişti.

Biyolojik kontrollerin tümü etkili değildir ve bazı önlemlerin feci sonuçları oldu. Örneğin 1935'te şekerkamışı tarlalarını mahveden istilacı gri sırtlı bastonböceğini kontrol etmek için Avustralya'ya dev kurbağalar getirildi. Hawaii'de böcekleri kontrol etmede dev kurbağalar etkili olmuştu; bu yüzden Avustralya'da da eşit ölçüde başarılı olacağı varsayıldı. Ne var ki, gri sırtlı bastonböcekleri öncelikle şekerkamışı saplarının kurbağaların yetişemediği tepesinde beslenir. İki yaratığın farklı çevreleri yeğlediği bilinmediği için biyolojik bir kontrol olarak kurbağa seçimi yanlış oldu. Yanlışlık anlaşıldığı sırada kurbağa bütün Avustralya'ya yayılmıştı ve bu toksik amfibiyi yemeye çalışan yırtıcı türleri zehirliyordu.

Biyolojik kontroller istilacı bir türü dizginlediğinde bile ekosistemde ya da yerel toplulukların ekonomisinde dengesizlikler yaratabilir. Bu nedenle düzenleyiciler kapsamlı ön araştırma olmadan biyolojik kontrolleri desteklemekte tereddüt ederler. Her istilacı türü kontrol edebilen sihirli bir değnek yoktur. Karmaşık ekosistem etkileşimlerine bağlıdırlar ve bilim insanları, istilacı türlerin yaban hayatında nasıl çalıştığına ilişkin hipotezlerini test etmek için saha deneyleri tasarlamaya devam ediyorlar. ■

> Harekete geçme zamanıdır. Habitatlarına ve ekonomiye maliyeti... çığırından çıktı.
>
> **Bruce Babbitt**
>
> ***ABD İçişleri Bakanı, 1993-2001***

SICAKLIKLAR ARTINCA HASSAS DENGELİ SİSTEM BOZULUR

BAHAR KAYMASI



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Camille Parmesan (1961–)

ÖNCE
1997 Bir grup Amerikalı bilim insanı 1981-91'de yüksek kuzey enlemlerinde daha uzun bir bitki büyüme mevsimine ilişkin kanıtlar yayımlar.

2002 Doğabilimci Richard Fitter, İngiltere'de 385 bitki türünün ilk çiçek açma tarihinin on yıl öncekinden 4,5 gün ileri gittiğini açığa çıkarır.

SONRA
2006 Amerikan Temiz Hava Görev Gücünden Jonathan Banks, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak mevsimlerin giderek daha erken başlamasını tarif etmek için "mevsim kayması" terimini kullanan ilk kişidir.

2014 ABD'de Ulusal İklim Değerlendirme raporu, daha kısa, daha yumuşak kışlara ve daha erken bahar erimelerine doğru uzun erimli eğilimleri doğrular.

> Değişimin, on yıl önce düşündüğümden çok daha hızlı gerçekleştiğini görüyoruz
> **Camille Parmesan**

Sera gazlarındaki artışın neden olduğu iklim değişikliğinin ortalama küresel sıcaklığı artırmakta olduğu konusunda pek çok bilim insanı hemfikirdir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1880'den bu yana 1°C'lik bir artıştan söz ediyor ama bazı bölgelerde ısınma daha bariz oldu. Bu ısınma hem bitki hem hayvan davranışını etkiledi ve IPCC gelecek 100 yılda 1,4–5,5°C'lik bir artış daha öngörüyor.

Bitkilerin ve hayvanların yaşam döngüleri mevsimlere göre değişir. Fenoloji bu mevsimsel değişiklikleri inceler. Mevsimsel değişiklikleri sıcaklık, yağış ya da gündüzün uzunluğu tetikleyebilir ama Dünya'nın ılıman ve kutup bölgelerinde sıcaklık, tropikal kuşakta yağış en önemli faktördür. 2003'te iklim değişikliği uzmanları Camille Parmesan ve Gary Yohe bahar değişiminin şimdi daha erken gerçekleştiğini kanıtladı – bahar kayması denilen bir fenomen.

Mevsim kayması

Birkaç on yıldır insanlar, baharda yaprakların ve çiçeklerin daha erken açtığını gözlemliyor. Geçmişte bu iddialar olgu, rakam ve veri kümesi gibi "sıkı bilim"den yoksun diye önemsenmezdi. Camille Parmesan ve Gary Yohe 2003'te ~1.700'den fazla türün analizine dayanan kanıtları yayımlayınca değişimin

Mevsim değişikliklerinin bitkiler ve hayvanlar üzerindeki etkisi



Tüm yaşam formları hava durumunda mevsimsel döngünün meydana getirdiği değişiklere tepki verir. Göçme, üreme, çiçek açma, kış uykusuna yatma ve başkalaşma bu döngüden etkilenen olaylardan bazılarıdır.

Ayrıca bkz: Hayvan ekolojisi 106–113 ▪ Hayvan davranışı 116–117 ▪ Bitki ekolojisinin temelleri 167 ▪ Küresel ısınma 202–203 ▪ Tehlike altındaki habitatlar 236–239 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321

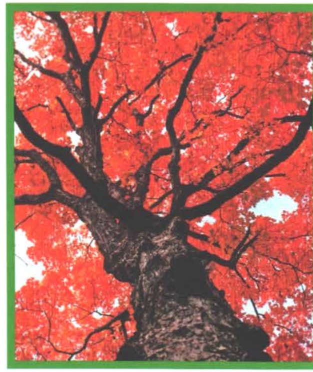
oldukça gerçek olduğunu ispatladılar. Verileri bahar değişiminin gerçekten de gerçekleştiğini –on yılda bir ortalama 2,3 gün– gösteriyordu. Son yıllarda diğer bilim insanlarının yaptığı araştırmalar onların bulgularını destekledi.

Büyüme atağı, yaprakların, çiçeklerin ve meyvenin görünmesi, sonbaharda yaprakların dökülmesi gibi, bitkilerde gerçekleşen değişikliklerin çoğu sıcaklığa bağlıdır. Pek çok besin zinciri bitkilerle başlar; bu yüzden bu değişiklikler tavşanlardan geyiklere, arı ve kelebek gibi polenleyicilere kadar otlayıcıları ve toplayıcıları etkiler. Bütün bunlar besin zincirinin dibindedir (birincil tüketiciler). Yiyecek bulmakta zorlanırlarsa onları avlayanlar (ikincil tüketiciler) da av yokluğundan zarar görür.

İklim değişikliğinin etkileri

Daha sıcak bir dünya birçok etki yaratır. Dünyanın pek çok soğuk bölgesinde donsuz mevsim daha önce olduğundan daha uzundur, bitkilere daha uzun bir büyüme mevsimi sağlar. Bazı bölgeler daha kuru ve bazıları daha ıslak olurken son derece şiddetli yağış ve taşkın nöbetleri daha fazla yaygınlaştı. Göllerde toksik alg patlamaları daha sık gerçekleşmektedir. Kutup bölgelerindeki buz tabakası da azalıyor. Bütün bu değişiklikler hayvan ve bitki davranışlarını etkiledi ve etkilemeye devam edecek.

1983'ten beri Avrupa Çevre Ajansı (EEA), Avrupa'da bahar kaymasının bir resmini çıkarmak için binlerce araştırmadan –en az 1943'e kadar geri giden– verileri bir araya toplamaya çalıştı. EEA'nın kanıtları, bitkilerin polen üretme, kurbağaların yumurtlama ve kuşların yuva yapma tarihlerinin daha erken olduğunu gösterir. Verilerine göre, yaşam döngüleri hava sıcaklığınca yönetilen birçok böceğin (kelebek ve kabukböceği gibi sıcaksever böceklerin) daha uzun bir üreme mevsimi vardır ve bu da her yıl daha fazla nesil üretmelerini olanaklı kılıyor. Örneğin, daha önce iki nesli olan bazı kelebeklerin şimdi üç nesli vardır. İspanya'da botanikçiler 29 bitki türünün verilerini inceledi. 2003'te ilk yaprakların 1943'te olduğundan ortalama 4,8 gün daha erken ortaya çıktığını, ilk çiçeklerin 5,9 gün daha erken açtığını, ağaçların 3,2 gün daha erken meyve verdiğini ve yaprakların 1,2 gün daha geç öldüğünü buldular. İngiltere'de kanıtlar daha dramatikti: 53 bitki türünde, 2005'te yapraklar, çiçekler ve meyveler, 1976'da oldu-



Bazı meşe türlerinin yaprakları sonbaharda dökülmeden hemen önce kırmızılaşır. Yıldan yıla bunun gerçekleşme tarihlerini karşılaştırmak iklim değişikliğinin kanıtlarını sağlayabilir.

Camille Parmesan



1961'de doğan Profesör Camille Parmesan önde gelen iklim değişikliği uzmanlarından biri olarak ün kazanan Amerikalı bir akademisyendir. 1995'te Austin'deki Texas Üniversitesinde biyolojik bilimler dalında doktorasını aldı ve ilk araştırmaları, böcek-bitki etkileşimlerinin evrimiyle ilgiliydi. 20 yılın neredeyse tamamında Kuzey Amerika ve Avrupa'da kelebeklerin değişen coğrafi aralıklarını belgelemeye, bunları iklim değişikliğiyle ilişkilendirmeye odaklandı. Parmesan, IPCC'de önde gelen bir kişi oldu ve çok övgü saha çalışmalarına yüzlerce akademik makalede atıf yapıldı. Austin'deki Texas Üniversitesinde bütüncül biyoloji profesörüdür ve uluslararası koruma kuruluşlarına danışmanlık yapıyor.

Önemli eserler

2003 "A globally coherent fingerprint of climate change impacts", *Nature*
2015 "Plants and climate change: complexities and surprises", *Annals of Botany*

ğundan neredeyse 6 gün daha erken ortaya çıkıyordu. Benzer şekilde İngiltere'de incelenen 315 farklı mantar çeşidinin ürün verme sezonu 20. yüzyılın ikinci yarısında 33 günden 75 güne uzadı.

Daha uzun bitki büyüme mevsimleri iyi haber gibi görünür ama daha sıcak ısı dereceleri, avantajların yanı sıra sorunlar da yaratır. Bütün böcekler iyi değildir ve daha kısa, daha yumuşak kışlar daha az uyku halinde böceği öldürür ve bu böceklerin bir kısmı popülasyon patlaması yaşayıp zararlı böcek istilaları meydana getirebilir. Daha sıcak baharlar, larvaları çam yaprağı yiyen çam yaprakarılarının o kadar hızlı gelişmelerine olanak verir ki, onlarla beslenen kuşlar ve parazitler sayılarını kontrol altında tutamaz. Kontrolden çıkan yaprakarıları, ağaçları yapraklarından yoksun bırakıp büyümelerini güdükleştirir.

Bazı arı türleri, polenledikleri bitkilerin erken çiçek açmasına uygun olarak baharda dahe erken ortaya çıkıyorlar. Ama bazıları, ortaya çıkışlarını senkronize edemedi.



Göç ve kış uykusu

Zengin besin kaynaklarına ulaşmak için baharda göç eden kuşlar da sorunlarla karşılaşır. Bazıları uçuş planlarını erken böcek bolluğundan yararlanacak şekilde ayarlamıştı. Sahraaltı Afrika'dan uzun yolculuklarına çıktıktan sonra ilk kırlangıçlar İngiltere'ye, 1970'lerde olduğundan 20 gün daha erken varıyor ve ilk kum kırlangıçları hedeflerine daha öncekinden 25 gün daha erken ulaşıyor. Bununla birlikte, Orta Amerika'dan ABD, New England'a göç eden kuşların, yıl boyunca New England'da kalan kuşlardan daha hızlı azaldıklarına ilişkin kanıtlar vardır. Bunun nedeni muhtemelen göçmen kuşların Orta Amerika'dan ayrılış tarihlerini, yerel kuşların yaptığı gibi erken böcek bolluğundan yararlanmak için zamanında varacak şekilde ayarlayamamış olmalarıdır.

İklim değişikliği, kış uykusuna yatan memelilerin davranışını da değiştirmiş gibi görünüyor. Kayalık Dağlar Biyolojik Laboratuvarında zoologlar Colorado'da yaşayan sarı göbekli dağ sıçanlarının 1999'da, 1975'tekinden 38 gün daha erken ortaya çıktıklarını bulguladı. 2012'de Alberta Üniversitesinde bilim insanları son yirmi yılda geç kar yağışının, Kayalık dağları yer sincabının kış uykusundan uyanmasını 10 gün geciktirdiğini bulguladı. Bu durum zaten kısa olan çiftleşme, doğurma ve sonraki kış uykusuna hazırlanmak için beslenme dönemini daha da kısalttı.

Ayrıklaşma

Bazı organizmaların hayatta kalması türler arasındaki etkileşimlerin "ayrıklaşması" nedeniyle tehdit altında olabilir. Bu, ekosistemlerin dengesini ciddi bir biçimde bozabi-

> Yıllar önce yalnızca kuşkulandığımız şeyden şimdi eminiz. Politika, bilime yetişmelidir.
>
> **Camille Parmesan**



Bir büyük baştankara yavrularını besliyor. Üreme bahar tırtıllarının tepe noktasından sonra gerçekleşirse genç kuşlar için daha az besin olur ve daha azı hayatta kalıp ürer.

lir. Çiçekler erken açarsa onları polenleyen arılar iki şekilde yanıt verebilir: Ya onlar da erken uyanır ya da daha geç açan çiçeklere denk gelmek için daha yüksek bir enleme göçerler. Kuzeydoğu Kuzey Amerika'daki 10 yabani arı türüne ilişkin araştırmalar, davranışlarının erken çiçek açmaya uyumlu bir biçimde gerçekten de değiştiğini gösterdi. Ama Colorado'da yabanarıları değişikliklere uymadı ve popülasyonları düştü. Polenleyiciler azalırsa polenledikleri bitkiler de azalabilir.

Birçok birincil tüketicinin değişen doğal fenomenlere uyum sağladığına ilişkin kanıtlar vardır ama besin zincirinde daha yukarıda olan türlere, değişiklik yapmak zor gelmiş görünüyor. Kuşlar şimdi eskiden olduğundan daha erken yuva yapmalarına rağmen böceklerin uykudan uyanma zamanı daha hızlı ilerledi. Bu durum, böcek bolluğunda tepe noktalara bağımlı olan kuşlar için bir sorundur. Örneğin, kara sinekkapanlar ve büyük baştankaralar, yavrularını baharda kısa bir dönem bol olan tırtıllarla besler. İklim değişikliği nedeniyle tırtılların tepe noktası şimdi daha erkendir ancak kuşlar, yumurtlama zamanlarını, besin bolluğundan yararlanacak kadar ileri alamadı. Araştırmalar daha az kara sinekkapan ve büyük baştankara yavrusunun hayatta kaldığını gösteriyor. Hollanda ormanlarında kara sinekkapan sayıları olasılıkla iklim değişikliğinin bir sonucu olarak azalmıştır.

Harekete geçme

Bütün bu rahatsız edici kanıtlar bütün dünyada iklimbilimcileri hükümetleri sıkıştırmaya ve politika değişikliği talep etmeye teşvik etti. Bilim insanları bahar kaymasını iklim değişikliğinin gerçekleşmekte olduğunun kesin kanıtı olarak kullandı ve araştırmacılar politika yapıcıları, fenolojik değişiklikler nedeniyle varlıkları tehdit altında olan tanıdık türleri kurtarmak için küresel ısınmayla mücadeleye çağırdı. ■

Duvar kelebekleri ve iklim değişikliği

İklim değişikliği bazen beklenmedik sonuçlar doğurur. Örneğin, İngiltere'de duvar kelebeğinin yaşam döngüsü değişen iklim koşulları nedeniyle kesintiye uğradı. Daha önce kelebek her yaz iki nesil üretiyordu. Yaz sonu yetişkinleri çiftleşir, dişiler yumurtlar ve ardından yumurtalar tırtıla dönüşürdü. Eylülde bu tırtıllar, büyümeye ve kış uykusundayken güçlü kalmaya yeterli besini buluyordu. Baharda tırtıllar başkalaşıp krizalitlere dönüşür ve ardından yetişkin olurdu. Daha sıcak hava, sonbaharda üçüncü bir neslin gelişmesine olanak sağladı; yetişkinler ekim ortasına kadar uçabiliyordu. Üçüncü nesil tırtıllar yumurtadan çıktığı sırada çok az yiyecek vardır; bu yüzden pek çoğu açlıktan ölür. Bilim insanları buna "gelişme tuzağı" diyor ve duvar kelebeklerindeki azalmadan muhtemelen bu sorumlu.

> İncelediğim bu kelebek, yayılım alanını bir kıtanın yarısı kadar kaydırdı – Bunun büyük olduğunu söyledim... O zamandan beri her şey bunu doğruladı.
>
> **Camille Parmesan**



BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞE YÖNELİK ANA TEHDİTLERDEN BİRİ BULAŞICI HASTALIKLARDIR

AMFİBİ VİRÜSLERİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Malcolm McCallum
(1968–)

ÖNCE
1989 Daha önce yaygın olan Costa Rica altın kurbağasının soyunun tükendiği ilan edilir. Çeşitli açıklamalar önerilir.

1998 ABD, Washington'da Ulusal Hayvanat Bahçesinde çok sayıda zehirli ok kurbağası ölür. Neden olarak kitrid (chytrid) mantarlar gösterilir.

SONRA
2009 Tanzanya'nın Kihansi kurbağasının kitrid enfeksiyon sonucunda soyunun tükendiği ilan edilir.

2013 İkinci bir kitrid mantar türü Hollanda'da lekeli semenderlerin soyunun neredeyse tükenmesine neden olur.

2015 Numune alınan 82 ülkenin 52'sindeki amfibilerde kitrid mantar saptanır.

1980'lerden beri yüzlerce amfibi türü popülasyon çöküşleri ve yerel soy tükenmeleri yaşadı – modem insan faaliyetinden etkilenmeyen doğal, "geçmiş" soy tükenme oranının 200 katından fazla olduğu sanılan bir oranda. Bu endişe verici fenomen ilk kez 1999'da, Amerikalı çevrebilimci Malcolm McCallum, kurbağalarda meydana gelen biçim bozukluklarındaki dramatik artışla ilgili bulgularını yayımlayınca kamuoyunun dikkatini çekti. McCallum daha sonra amfibi gerilemesi ve tükenmesi üzerine çığır açıcı incelemeler üretti.

Sorunun çok çeşitli nedenleri vardır ve yerli olmayan türlerin rekabetinin yanı sıra habitat yıkımı ve kirlilik bunlardan bazılarıdır. Ama en yıkıcı nedenlerden biri, kuşku götürmez bir biçimde hastalıktır ve bunun özellikle ölümcül iki suçlusu vardır.

Kitrid ve ranavirüs

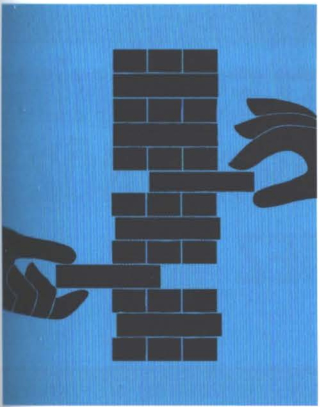
Chytridiomycosis, kitrid mantarların neden olduğu bir hastalıktır ve özellikle kurbağa popülasyonlarını mahvetmiştir. Mantar, amfibilerin derilerini o kadar etkiler ki nefes alamaz, sulanamaz ya da ısılarını düzenleyemezler. Mantarın esas kökeni bilinmiyor ama yayılmasında ana faktör, çeşitli kullanımlar için evcil hayvan, besin, balık yemi ya da araştırma amaçlı küresel canlı amfibi ticaretidir.



Kuzey Amerika boğa kurbağası kitrid mantara dirençlidir ama diğer amfibi türlerine enfeksiyon taşır.

Ranavirüsler bir balık virüsünden evrildi. Amfibilere ve sürüngenlere bulaşır ve 1980'lerden beri kurbağalarda kitlesel ölümlere neden olmaktadır. Ebe kurbağa ranavirüsü kanamaya, deri yaralarına, uyuşukluğa ve zayıflamaya neden olur. Bir türden diğerine "atlama" yeteneği olduğu için özellikle tehlikelidir. ■

Ayrıca bkz: Biyomlar 206–209 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ Tehlike altındaki habitatlar 236–239 ▪ Ormansızlaşma 254–259 ▪ Aşırı avlanma 266–269



BİRİSİ DURMADAN TUĞLALARINIZI ÇALARKEN BİR EV İNŞA ETMEYE ÇALIŞTIĞINIZI DÜŞÜNÜN

OKYANUS ASİTLENMESİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Kenneth Caldeira (1960–),
Michael E. Wickett (1971–)

ÖNCE
1909 Danimarkalı kimyacı Søren Sørensen asitliği ölçmek için pH ölçeğini geliştirir

1929 Amerikalı biyologlar Alfred Redfield ve Robert Goodkind suda aşırı karbondioksidin mürekkepbalığını nefessiz bıraktığını keşfeder.

1933 Alman kimyacı Hermann Wattenberg araştırma gemisi *Meteor*'un Atlantik keşif gezisinin sonuçlarını analiz ederken okyanus asitliğine ilişkin ilk küresel araştırmayı yapar.

SONRA
2012 ABD'de oşinograf James C. Zachos ve meslektaşları deniz çökellerinden fosil kanıtları kullanarak, geçmişte okyanus asitlenmesinin deniz yaratıklarının kitlesel yok oluşuna yol açtığını gösterir.

Havaya karbondioksit (CO2) eklemek yalnızca iklim değişikliğini tetiklemekle kalmaz, aynı zamanda okyanusları daha asitli yapar. Şimdiye kadar okyanuslar, insan faaliyetiyle atmosfere eklenen karbondioksidin yarısını emerek küresel ısınmanın en kötü etkilerine engel oldu. Ne var ki bu gaz, okyanusun kimyasını değiştirir

2003'te Amerikalı iklimbilimciler Ken Caldeira ve Michael E. Wickett, CO2 kirliliğinin okyanuslar üzerindeki etkilerini araştırdı. Dünyanın her tarafından deniz suyu örnekleri aldılar ve son 200 yıllık sanayileşme süresince asitliğin ölçülebilir derecede arttığını bulguladılar. "Okyunus asitlenmesi" terimini türettiler ve bu değişimin sonraki 50 yılda hızlanabileceğini, bunun zararlı sonuçları olacağını öngördüler.

> Fosil yakıt yakmanın bir sonucu olarak atmosfere salınan karbondioksidin büyük bölümü, okyanuslar tarafından emilir.
>
> **Ken Caldeira ve Michael Wickett**

Birçok deniz yaratığı, kabuklarını ve iskeletlerini oluşturan karbonatların devamlılığını sağlamak için deniz suyunun doğal alkaliliğine güvenir. Alkalilikte hafif bir azalma bile, özellikle mercan ve plankton gibi hassas yaratıklarda büyümeyi ciddi bir biçimde kesintiye uğratır. Asitleşme onyıllar içinde mercanların kökünü kazıyabilir; onlar giderse resif ekosistemleri de ölür. Fitoplankton, okyanus besin ağının temelidir ve küresel oksijen düzeylerinin devamlılığını sağlamak için yaşamsaldır.

Okyanus asitlenmesini tersine çevirmek, CO2 salınımlarının atmosferik etkilerini tersine çevirmekten çok daha zordur ve biyolojik çeşitlilik, balık yatakları ve besin güvenliği üzerindeki yıkıcı etkisi, ciddi bir kaygı konusu olmaya devam etmektedir. ■

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ Tehlike altındaki habitatlar 236–239 ▪ Asit yağmuru 248–249 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321



ÇARPIK KENTLEŞMENİN ÇEVRESEL ZARARI GÖZ ARDI EDİLEMEZ

ÇARPIK KENTLEŞME

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Robert Bruegmann (1948–)

ÖNCE
1928 İngiliz mimar Clough Williams-Ellis, Londra'nın büyümesini kırsal bölgeyi yiyen bir ahtapota benzetir.

1950'ler ABD'de savaş sonrası refah ve otomobil sahiplerinin artmasıyla birlikte orta sınıflar sıkışık kent merkezlerinden ayrılıp banliyölerde yeni, düşük yoğunluklu alanlara taşınır.

SONRA
2017 İngiltere'de bir konut krizi, büyük kentlerin etrafındaki yeşil kuşaklarda yeni bina yapımı üzerindeki kısıtlamaları kaldırma çağrılarına yol açar.

2050 2014'te yayımlanan BM tahminlerine göre dünyanın kentsel nüfusunun 9,7 milyarlık öngörülen nüfustan 6,34 milyara çıkacağı tarih.

1950'lerden beri, yüksek yoğunluklu kent merkezlerinin ötesinde düşük yoğunluklu banliyölerin gelişmesini tarif etmek için "çarpık kentleşme" terimi kullanılmaktadır. Terim ilk kez 1955'te İngiltere'de *The Times* gazetesi tarafından Londra banliyölerinin yayılmasını tarif etmek için kullanıldı. O sırada İngiliz planlama yetkilileri, kentlerin etrafında yeni binaların neredeyse tamamen yasaklandığı "yeşil kuşaklara" geçiyordu. Yeşil kuşaklar kentlerin yayılıp diğer kasabalarla kaynaşmasını durdurmak için tasarlandı.

> Eski kent çok yayılmış, çok-merkezli, büyük ölçüde düşük yoğunluklu, oldukça heterojen bir kentsel bölgeye gömülmüştür.
> **Robert Bruegmann**

Modern çarpık kentleşme tanımları çeşitlidir ama genellikle olumsuz çağrışımları vardır. En uç biçimiyle mega-kentler –Birleşmiş Milletler tarafından nüfusu 10 milyondan fazla kentler olarak tanımlanır– yarattı. Bu tür mega-kentlerin örnekleri arasında Tokyo-Yokohama (38 milyon), Jakarta (30 milyon) ve Delhi (25 milyon) yer almaktadır.

Ekolojik bozulma

Bazı araştırmacılar çarpık kentleşmenin, biyolojik çeşitliliğe insan kaynaklı en büyük tehdit olduğunu iddia ediyor. Yeni banliyöler görece az insanı barındırır ama enerji ve su arzı, ulaşım ağı gibi, geniş ve orantısız düzeyde altyapı gerektirir. Kentler şiştikçe değerli ekim alanları betona dönüştürülür ve doğal habitatlar bozulur ya da tamamen yok olur. Yayılma, yerli türlere tehdit oluşturan istilacı bitki ve evcil hayvan sokarak yerel flora ve faunayı da bozar. Düşük yoğunluklu alanlarda sınırlı toplu taşıma, banliyö sakinlerinin birden fazla araba sahibi olma eğiliminde olmaları anlamına gelir ve bu da kentlerdeki hava kirliliğini artırır – kenar gecekondu semtlerinde yoksulların odun-kömür yakan sobaları gibi.

Ayrıca bkz: Kirlilik 230–235 ▪ Tehlike altındaki habitatlar 236–239 ▪ Ormansızlaşma 254–259 ▪ Doğal kaynakların tükenmesi 262–265 ▪ Amfibi virüsleri 280



Toluca, bir zamanlar Mexico City'nin batısında güzel bir eski kasabaydı. Şimdi nüfusu 800.000'i aşan bir kenttir ve giderek Mexico City'le birleşiyor – yüksek bir ekolojik maliyetle.

Dünyanın şu anda kentsel gelişimle kaplı alanı Fransa'nın bir buçuk katıdır. Mexico City batıda en fazla genişleyen kenttir. Resmi sınırlarının çok ötesine yayılıp 21 milyondan fazla insanın yuvası olan kent aynı zamanda orantısız bir biçimde büyüdü: 1970-2000'de kentin yüzey alanı, nüfusundan 1,5 kat daha hızlı büyüdü. Kente bağlı alanın yüzde 59'u koruma arazisi olduğu halde yasadışı tomrukçuluk ve çarpık kentleşme kent ormanlarını, çayırlarını ve su kaynaklarını bozmaya devam ediyor.

2050'ye kadar toplam kentsel büyümenin yüzde 37'sinin Çin, Hindistan ve Nijerya'da gerçekleşeceği tahmin ediliyor. Çin'de Pekin'de ve diğer kentlerde kent yoksullarının yaşadığı yoğun nüfuslu *hutong*'lar (sokak araları), düşük yoğunluklu lüks bloklara yer açmak için yıkılıyor, kent sınırları – ve kent yoksulları– kent merkezlerinden çok uzağa itiliyor. Yeni mahallelerde otomobillere bağımlılık ve çekim merkezlerinin yokluğu, topluluk yaşamı olanağının çok az olması anlamına gelir.

Kentleşmenin yarattığı sorunların farkında olan Çin hükümeti, yapılanma için kullanılabilir toprağı sınırlayarak, insan girişini kontrol ederek ve düşük vasıflı işçileri gitmeye zorlayarak Shanghay'ın nüfusunu 25 milyonla, Pekin'inkini 23 milyonla sınırlamaya çalışıyor. Çin aynı zamanda toplulukların oluşmasına yardımcı olacak daha yüksek yoğunluklu, sokakları daha dar, kavşakları ve toplu taşıması daha fazla olan mahalleler inşa ediyor. ■

Tehlike altında olan aksolotl



Mexico City'nin çarpık kentleşmesinin kurbanlarından biri minik aksolotl oldu – balığa benzeyen ama aslında bir semender olan ve bazen Meksika yürüyenbalığı olarak da anılan, soluk renkli bir semender. 30 santimetreye kadar büyüyebilen aksolotl, su böcekleriyle, küçük balıklarla ve kabuklularla beslenir ve kopan organlarını yenileme yeteneği vardır – alıkonulan örnekleri önemli bir bilimsel araştırma konusu yapan bir nitelik. Alıkonulan versiyonu, aynı zamanda bütün dünyada bilinen bir akvaryum hayvanıdır.

Tarihsel olarak yabani aksolotl, 13. yüzyılda Azteklerin, başkentlerini inşa ederken yarattıkları kent kanallarında ve kentin etrafında bu kanalları besleyen göllerde yaşardı. Mexico City genişleyince bu kanallar kayboldu ve yabani aksolotl sayısı azaldı. 2006'da ciddi ölçüde tehlike altında olan türler listesine eklendi ve 2015'te yaratığın soyunun tükenmiş olabileceği düşünüldü. Ama Mexico City'nin kuzeyindeki Xochimilco gölünde örnekleri bulundu.



OKYANUSLARIMIZ BİR PLASTİK ÇORBASINA DÖNÜŞÜYOR

BİR PLASTİK ÇÖPLÜĞÜ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Charles J. Moore (1947–)

ÖNCE
1970'ler *Science* dergisi Kuzey Atlantik'te çok sayıda plastik pelet tanımlayan raporlar yayımladıktan sonra bilim insanları denizdeki plastik çöpleri araştırmaya başlar.

1984 Hawaii'de toplanan ilk Uluslararası Deniz Çöpü Konferansı okyanuslarda büyüyen çöp sorununa ilişkin farkındalığı yükseltir.

SONRA
2016 Avustralyalı gazeteci Craig Leeson'ın yönettiği *A Plastic Ocean* (*Plastik Bir Okyanus*) belgeseli plastik kirliliğinin küresel etkilerine ışık tutar.

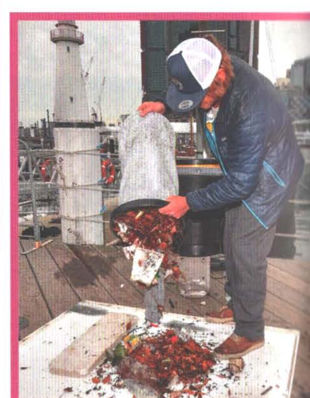
2018 Çevre hareketini dünyaya yaymayı amaçlayan Dünyü Günü Ağı, Plastik Kirliliğine Son şiarını 22 Nisan 2018 Dünya Gününün teması yapar.

20\. yüzyılın başında plastikler ilk kez seri olarak üretildiğinde dünya her şekle sokulabilen, kullanılıp atılabilen bir malzemenin çok yönlülüğüne ve dayanıklılığına hayran kaldı. Ne var ki, plastiğin büyük bölümünün hiçbir zaman yok olmama sorunu vardır. *The Economist* dergisine göre,1950'lerden beri dünyada üretilen 6,3 milyar ton plastiğin yalnızca yüzde 20'si yakıldı ya da geri dönüştürüldü. Yani yüzde 80'i –5 milyar ton– çöplüklerde ya da başka yerlerdedir.

Okyanusları kirletme

Mikroplastikleri –çapı 5 mm'den küçük plastik parçaları– temizlemek diğer plastiklerden daha zordur. Okyanuslardaki plastiğin yüzde 90'ını oluşturan mikroplastikler, akıntılar aracılığıyla bulanık bir çorba gibi kabarırlar. Amerikalı oşinograf Kaptan Charles Moore sorunu ilk kez 1997'de saptadı ve 2011'de çıkan kitabı Plastic Ocean'da aydınlattı. Bir yat yarışından eve dönen Moore, Pasifik okyanusunda geniş bir plastik çöp öbeğiyle karşılaştı. Şimdi Fransa, Almanya ve İspanya'nın toplamından daha büyük bir yüzey alanına sahip olduğu bilinen Büyük Pasifik Okyanus Çöpü Alanı (Great Pacific Ocean Garbage Patch –GPOGP), Kuzey Pasifik Döngüsü olarak bilinen girdap nedeniyle biriken 79.000 ton mikroplastik içerir.

GPOGP, okyanuslardaki birçok çöp alanından biridir – diğerleri Atlantik ve Hint okyanusu ile Kuzey denizi gibi daha küçük su



Bir "deniz çöpü kutusu" Sydney limanına boşaltılıyor. 2015'te Avustralya'da başlatılan Deniz Çöpü Kutusu Projesi, limanlarda yüzey suyunu filtreleyerek plastik kirliliğini etkisizleştirmeye yardımcı olur.

Ayrıca bkz: Besin zinciri 132–133 ▪ İnsanın doğaya egemenliği 296 ▪ İnsanın Dünya'yı tahrip etmesi 299 ▪ İnsan ve Biyosfer Programı 310–311

Plastik geri dönüştürülür, yakılır, çöpe atılır ya da okyanusa boşaltılır.

↓

Doğada yok olması binlerce yıl alır.

↓

Dalga etkisi ve **UV** Güneş **ışığı** okyanuslardaki **plastiği, suya yayılan minik parçalara** ayırır.

↓

Okyanuslarımız bir plastik çorbasına dönüşüyor.

kütlelerindedir. 1990'larda kozmetik ürün şirketlerinin çıkardığı plastik mikroboncuklar da sorunu büyütür. Sabun, yüz temizleme kremi ve diş macunu gibi kişisel bakım ürünlerinde kullanılan mikroboncuklar, atık su sistemlerinden ırmak ve okyanuslara gider; orada balık ve diğer hayvanlarca tüketilir – mikroplastiklerle aynı zararlı etkileri yaratır (bkz. sağdaki kutu).

Plastiği sınırlama adımları

Plastik kirliliğini temizlemek, devasa bir iştir. Plastikleri kimyasal bileşenlerine ayırmak, büyük miktarda enerji gerektirir ve bunun da çevreye zararı vardır. En iyi çözüm, plastiksiz yaşamayı öğrenmektir. Pek çok ülke güzellik ürünlerinde mikroboncuk kullanımını yasakladı ya da aşamalı olarak ortadan kaldırmaya çalışıyor ve birçok ülke, Bangladeş'i örnek alıp tek kullanımlık plastik poşet verilmesini yasaklıyor. Diğer önlemler, plastik pipelere yasaklamayı, tekrar kullanılabilir su şişelerini ve geri dönüştürülebilir ya da gübreleşebilir ambalajı teşvik etmeyi içeriyor. ■

> Kullan-at toplumu kontrol edilemez – küreselleşmiş. Tüm eşyalarımızı depolayamayız, koruyamayız ya da geri dönüştüremeyiz
>
> **Charles J. Moore**

Yaban hayatına etkileri

Plastikler birçok bakımdan yaban hayatı için bir tehlike oluşturur. Plastik poşet gibi büyük eşyalar kuşları ve deniz hayvanlarını boğabilir; yenilirse sindirim borusuna zarar verebilir ya da mideyi tıkayarak açlıktan ölmeye neden olabilir. Mikroplastikler yenilirse toksinler hayvanın yağ dokularına geçebilir ve oradan da besin zincirine geçebilir.

Greenpeace'e göre on deniz kuşundan dokuzu, üç deniz kaplumbağasından biri, balina ve yunus popülasyonunun yarısından fazlası plastik yedi. Dünya okyanuslarının en derin noktasında, Batı Pasifik'teki Mariana çukurunda yaşayan bazı kabukluların bile plastik yediği biliniyor.

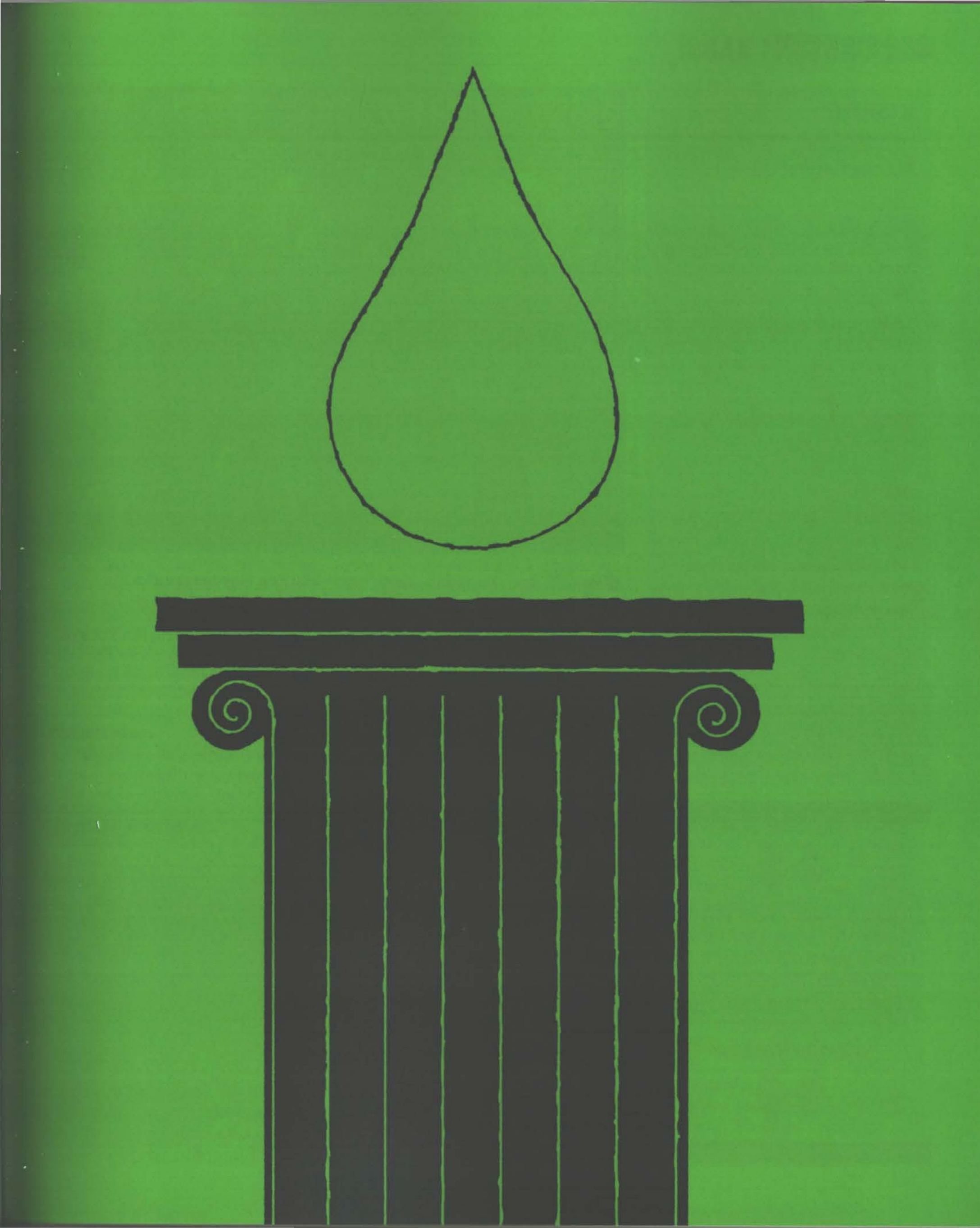
Şirketler plastik kullanımını azaltma gereğini ciddiye almaya başlıyor. Örneğin Florida'da bir bira üreticisi mayalanma sürecinin yan ürünlerinden altılı paket halkları yapmanın bir yolunu buldu; böylece deniz kuşları halkalara takılınca onları kemirip kurtulabilir.



Bir sümsükkuşu, bir altılı bira paketinin plastik halkalarına dolanmış. Martı gibi sahil boyunca çöp karıştıran kuşlar, bu tür döküntülere yakalanmaya özellikle yatkındır.

SU BİR KAMU YÜKÜMLÜLÜĞÜ VE BİR İNSAN HAKKIDIR

SU KRİZİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Maude Barlow (1947–)

ÖNCE
1983–85 Etiyopya'da, Eritre'de ve Sudan'da kuraklıklar 450.000 kişinin ölümüne neden olur.

1990 Aral Gölünün kuruması BM Çevre Programı tarafından 20. yüzyılın en kötü ekolojik felaketi ilan edilir.

2008 Birleşmiş Milletler her hafta yaklaşık 42.000 kişinin kötü suyla ve yetersiz hijyenle bağlantılı hastalıklardan öldüğünü tahmin ediyor.

SONRA
2011–17 California kayıtlara geçmiş en kötü kuraklıklarından birini yaşar. Tarımı, doğayı ve günlük yaşamı etkiler.

2017 Su kampanyası yürüten Maude Barlow 1990'dan beri Çin'in ırmaklarının yarısının yok olduğunu açığa çıkarır.

> Yaşam, temiz suya erişimi gerektirir; su hakkını inkâr etmek yaşam hakkını inkâr etmektir. Su hakkı için mücadele, zamanı gelmiş bir düşüncedir.
>
> **Maude Barlow**



2007'de Haydarabad'ın bir gecekondu semtinde su kuyruğunda bekleyen Hindistanlılar. Hindistan 2018'de ağır bir su krizi yaşadı ve 2030'da talebin, bulunabilir arzın iki katı olacağı tahmin ediliyor.

2008'de Kanadalı aktivist Maude Barlow su kıtlığının 21. yüzyılın en zorlu ekolojik ve insani krizi haline geldiğini savundu. Suyun bir "kamu" (ortak bir kaynak) ve suya erişimin temel bir insan hakkı olduğunu vurgulayan Barlow israf, kirlenme ve aşırı tüketim nedeniyle, ebediyen su tedariki için su döngüsüne –yeryüzü ile atmosfer arasındaki aralıksız su alışverişi– güvenilemeyeceğini ortaya koydu. Su kıtlığının gelişmekte olan dünyada zaten bir kriz olduğunu, burada asıl yükü su toplayan kadın ve çocukların çektiğini – ve köklü önlemler alınmazsa dünyanın geri kalan kısmının da etkileneceğini söylüyordu.

Yaklaşık 1,1 milyar insan suya kolay erişimden yoksundur ve 2,7 milyar kişi yılın en az bir ayında su kıtlığı çeker. Yeryüzünün yüzde 70'i suyla kaplı olmasına rağmen bunun neredeyse tümü tuzlu okyanus suyudur. Gezegenin suyunun yalnızca yüzde 0,014'ü hem tatlı hem kolay erişilebilirdir. Büyük ölçüde ırmaklardan, göllerden ve yaraltındaki akuferlerden (yeraltı suyu içeren kayaç) elde edilir. İnsanlar içmek, yıkamak, ekin sulamak ve sanayiyi çalıştırmak için su kullanır; tüm bitkiler ve kara hayvanları yaşamak için tatlı suya ihtiyaç duyduklarından, su krizinden hepsi etkilenir.

İsraf edilen su

Büyük bir insan nüfusu daha fazla su kullanır ve bu suyun büyük bir oranı, özellikle gelişmiş ülkelerde israf edilir – burada insanlar gelişmekte olan dünyadaki insanlardan ortalama 10 kat fazla su kullanır. Tatlı su kaynakları kurumuş (örneğin Meksika ile ABD arasında Rio Grande'nin çoğu) ya da kullanıla-

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ Asit yağmuru 248–249 ▪ Nüfus fazlalığı 250–251 ▪ Doğal kaynakların tükenmesi 262–265

Dünya'da su dağılımı

Kolay ulaşılabilir tatlı su çok kırılgan bir kaynaktır. Gezegenimizde bulunabilir toplam su miktarının yalnızca çok küçük bir kısmı doğrudan insan tüketimine uygundur.



mayacak kadar kirlenmiştir. Hindistan'da Ganj ve Endonezya'da Citarum dünyanın en kirli iki ırmağıdır. Şu andaki tüketim oranıyla bu durum daha da kötüleşecektir. 2030'da Dünya nüfusunun üçte ikisi su kıtlığıyla karşılaşabilir. Ekosistemler de etkilenecektir.

Artan talep

İnsanın tatlı su kullanımı yaklaşık 1970'ten bu yana üç katına çıktı, talep her yıl 64 milyar metreküp artıyor – kısmen her yıl 80 milyon artan nüfus nedeniyle. Değişen ve kişi başına daha fazla su gerektiren yaşam tarzları ve yeme alışkanlıkları da talepteki artışa neden oldu. Biyoyakıt üretimi de hızla arttı ve su talebini önemli ölçüde etkiledi. 1 litre biyoyakıt elde etmek için 1.000 ila 4.000 litre suya ihtiyaç vardır.

Geçen yüzyılda Dünya'nın sulak alanlarının yarısı, tarıma ya da imara yer açmak için ya da yeraltı sularının aküferlerden çıkış hızı yenilenme hızından daha fazla olduğu için kayboldu. Sulak alanlarda azalma, bu alanlara bağımlı bitkilerin ve hayvanların da gitmesi demektir. Tüm içme suyunun yaklaşık yarısı aküferlerden gelir. Her yıl yaklaşık 1000 kilometreküp su aküferlerden alınır. Üçte ikisi sulama için kullanılır, yüzde 22'si ev kullanımı ve yüzde 11 sanayi içindir. Ne var ki pek çok

Maude Barlow



1947'de Kanada, Toronto'da doğan Maude Barlow bir aktivist ve su politikası eleştirmenidir. Çok satan *Blue Gold: The Fight to Stop the Corporate Theft of the World's Water* da dahil 18 kitabın yazarı ya da eş-yazarıdır. Barlow daha önce Birleşmiş Milletlerde su danışmanı olarak çalıştı ve suyu temel bir insan hakkı olarak kabul ettirme hamlelerine öncülük etti. 2012'de su hakkı için kampanya yürüten Mavi Gezegen Projesinin kurulmasına yardım etti. Barlow toplumsal eylem grubu Kanadalılar Konseyinin başkanıdır ve 2005'te Nobel Barış Ödülüne aday gösterilen "Barış İçin 1000 Kadın"dan biriydi. 2008'de Kanada'nın en yüksek çevrecilik nişanı Ömür Boyu Başarı ödülünü aldı.

Önemli eserleri

2002 *Blue Gold: The Fight to Stop the Corporate Theft of the World's Water*
2007 *Mavi Sözleşme: Küresel Su Krizi ve Su Hakkı Mücadelesi*
2014 *Su Hakkı*



Aral gölünün kuruyan yatağında karaya oturmuş bir gemi. Bu kadar büyük bir su kütlesinin kaybı, tarım, iklim ve yerel balıkçılık sanayi üzerinde yıkıcı bir etki yarattı.

Aral gölünün kuruması

Kazakistan'da, eskiden dünyanın en büyük dördüncü gölü olan Aral gölünün çok büyük bölümünün yok olması büyük bir çevre yıkımıydı. 1960'ların başında Orta Asya'da milyonlarca pamuk bitkisini sulamak için gölü besleyen iki ana ırmağın yatağı değiştirildi. Haziran 2004'te BM, kurtarma önlemleri alınmazsa gölün tamamen kuruyabileceği uyarısında bulundu. O sırada eskiden aldığı suyun yalnızca yüzde 10'unu alıyordu, birkaç küçük göle bölünmüştü ve 1960'taki su hacminin yalnızca onda birini içeriyordu. Şimdi geniş alanlar çöldür. Göl balıklarının ve diğer sucul yaşamın büyük bölümü suyla birlikte kayboldu. Eskiden balıkçılar burada Siriderya mersin balığı tutabilirdi ama göl küçülüp suyu daha tuzlu hale gelince sayıları hızla azaldı. Yeniden su doldurma çabaları yüzey alanında ve derinlikte bir artış sağladı ve balık popülasyonları artıyor.

aküferin yeniden dolma hızı boşaltılma hızından çok yavaştır; bu yüzden su verimi, kullanımla birlikte azalır. Yeraltı su düzeyi düşerse bazı göller ve ırmaklar kurur. 1990'dan bu yana Çin'in ırmaklarının toplam uzunluğunun yaklaşık yarısı yok oldu. Kuzey Amerika'da Büyük Göller küçülüyor, Winnipeg gölü tehdit altında ve büyük Ogallala aküferi tükeniyor. Dünyanın en su zengini ülkesi olan Brezilya'da bile su arzı sorunları vardır. Durum kötüleştikçe, büyüyen bir çatışma kaynağı haline geliyor.

Su kıtlığı

İki tip su kıtlığı vardır. Fiziksel su kıtlığı Kuzey Afrika, Arabistan Yarımadası, Orta ve Güney Asya'nın büyük bölümü, Kuzey Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatısı gibi, doğal olarak bol suyu bulunmayan bölgeleri etkiler. Ekonomik su kıtlığı ise, suyun bulunduğu ama yararlanmak için gerekli altyapı bulunmadığında gerçekleşir. Sahraaltı Afrika'nın çoğunda ve Orta Amerika'nın bazı bölgelerinde bu durum söz konusudur. Bu alanlarda yaşayan insanlar on

Dünyada su stresi



Bu harita, su kullanıcılarının maruz kaldığı ortalama su stresini –verili bir alanda toplam su çekiminin toplam yenilenebilir kaynağa oranını– gösteriyor. Yüksek bir su çekimi oranı daha fazla su kullanıcısının sınırlı kaynaklar için rekabet etmesi anlamına gelir.

> Dünya, su söz konusu olduğu ölçüde krizlerle karşılaşacağımız gerçekliğinin farkında değildir.
>
> **Rajendra Pachauri**
> ***IPCC Başkanı***

yakın su kaynağına her gün saatlerce yürüyerek gitmek zorunda olabilir. Çok sayıda çocuk su getirmekle uğraştığı için eğitim alamaz.

Yaban hayatın kaygıları

Su krizi insanlar için kötüdür ve bazı hayvanların soyunun tükenmesi bazılarının sayısının azalması anlamına gelebilir. Örneğin Güney Amerika'da Amazon ve Orinoco ırmağı havzalarında yaşayan Amazon ırmak yunusu popülasyonu, kısmen madencilikten kaynaklanan ağır metal kirliliğinin artmasından, ama aynı zamanda yunusların besini olan balıkların yumurtlama alanlarına göçünü kısıtlayan barajların inşa edilmesinden ötürü çok azaldı. Çin'de dünyanın en büyük amfibisi, dev Çin semenderi, hidroelektrik santrali ve su depolamak için inşa edilen barajlar nedeniyle ciddi tehlike altındadır. Bu tür mühendislik işleri ırmakların doğal akışını değiştirir, canlının habitatını altüst eder.

Su krizinin daha kötüleşmesini önlemek için holistik bir ekosistem yönetimi görüşü çok önemlidir. Örneğin, "temiz" enerjiyle çalışan bir pis su arıtma tesisi, biyoyakıt bitkilerini gübrelemek için gerekli atık suyu sağlayabilir; bu bitkiler de suyu arıtmak için kullanılabilir – sera gazları yaymadan.

İçilebilir atık su

Yeni teknolojiler atık suyu doğrudan içilebilir suya dönüştürebiliyor –geçmişte aşırı enerji tüketen bir süreçti. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) su yönetimi politikalarının daha yüksek sera gazı salınımlarına yol açabileceğini vurguluyor. Bununla birlikte, Ortadoğu'da dönüşüm deniz suyu arıtma tesislerinde enerji kaynağı olarak petrolün yerini almaya başlayan Güneş enerjisiyle sağlanırsa durum bu olmayacaktır. Dünyanın bazı bölgelerinde şiddetli mevsim yağmurları var – örneğin muson yağmuru yağan ülkelerde– ama kirli ırmaklara akıyor ve kullanılamıyor. Yağmur suyu toplama ve depolama planları işe yarayacaktır.

Diğer yararlı girişimler kirliliği azaltmayı, sulamayı ve sınai sarfiyatı kısmayı, gelişmekte olan ülkelere yeni teknolojik çözümler sunmayı ve uluslararası anlaşmalar yapmayı içerir – her şeyden öte, su havzaları ulusal sınırlara bağlı kalmaz. ■

> Dünyada sorunlarla karşılaşmayan su zengini ülke yoktur.
>
> **Maude Barlow**

Salisbury Suyu

Güney Avustralya'da, Adelaide'de, Salisbury banliyösünde kullanılan yenilikçi bir su geri dönüştürme sistemi Murray ırmağından ve aküferlerden su alımını yaklaşık yarı yarıya azalttı. Yerel pis su arıtma tesislerinden alınan atık su ve kanallardan alınan yağmur suyu arıtıldıktan sonra 50 sulak alana yönlendirilir. Bu alanlar, suyu daha da temizleyen sazlıkları ve diğer sucul bitkileri barındırır. Geri dönüştürülen içilmez su Salisbury sakinlerine tuvaletlerde, bahçe sulamada, araba yıkamada ve süs havuzlarını doldurmada kullanmaları için sulak alanlardan boruyla ulaştırılır.

Sistem daha sürdürülebilir bir su kaynağı sağlamanın yanı sıra yeni oluşturulan sulak alanlarda biyolojik çeşitliliği de destekledi. Şu anda kalıcı ya da ziyaretçi olan kuşlar arasında ördekler, kaşıkçıkuşlar, balıkçıllar, pelikanlar, karabataklar ve göçmen ötleğenler vardır; ayrıca amfibi ve balık türleriyle birlikte çok sayıda sucul omurgasız da bulunur.



Salisbury'nin geri dönüştürülmüş suyunun, var olan su kaynaklarından talebi azaltma ve yeni yaratılan sulak alanlarla biyolojik çeşitliliği geliştirme gibi yararları vardır.

ÇEVRECİ
ÇEVRE K

LİK VE
ORUMA

Y.1620
Francis Bacon'ın eseri, insanın **doğaya egemen** olduğu düşüncesini savunur – daha sonra **"emperyal ekoloji"** denilen bir görüş.

1789
Gilbert White'ın *Natural History and Antiquities* of Selborne kitabı, kendi kır evinin etrafındaki **yaban hayatını** ayrıntılı bir biçimde kaydeder.

1854
Henry David Thoreau'nun ormanda bir kulübede yazılan kitabı ***Walden*** **romantik** bir doğal dünya **görüşü** sunar.

1864
George Perkins Marsh **insan eyleminin** doğa üzerinde yarattığı **yıkıcı etki** uyarısında bulunur.

1883
İlk çalışır fotoelektrik **güneş pili** panelini ABD'de, mucit **Charles Fritts** inşa eder.

1966
Lynn White, Batının –büyük ölçüde Hıristiyan– **insanmerkezli** dünya görüşlerinin insanoğlunu bir **çevre krizine** soktuğunu savunur.

1971
UNESCO, **sürdürülebilir** ve **çevre dostu** ekomonik kalkınmayı teşvik etmek için **İnsan** ve **Biyosfer Programını** başlatır

17. yüzyılın başında İngiliz filozof ve bilim insanı Francis Bacon doğayı kontrol etme ve yönetme ihtiyacından söz etti. 18. yüzyılın sonunda ise İngiliz papaz Gilbert White, insanlar ile doğal dünyanın barış içinde bir arada yaşaması lehine yazılar yazıyordu. Yine de onun sağlığında, güçlü yeni buhar makineleri, sanayileşmenin tahribatlarını başlattı – bu tahribata gösterilen tepki, daha sonra çevre hareketine büyük bir güç verecekti.

İnsanın yıkıcı etkisine ilişkin ilk sistematik analiz, Amerikalı diplomat George Perkins Marsh'ın 1864'te çıkan kitabı *Man and Nature* olabilir. Marsh diğer şeylerin yanı sıra ormansızlaşmanın çöllere yol açabileceği uyarısında bulundu ve kaynak kıtlığının doğal nedenlerden değil, daha çok, insan eylemlerinin sonucu olduğuna işaret etti.

Yenilenebilir ve temiz

Sanayi Devriminden önce pek çok enerji yenilenebilirdi – insan ve hayvan emeğinin enerjisi, rüzgâr ve su değirmenleri, sürdürülebilir orman. 18. yüzyılın ortasından itibaren kömüre dramatik bir geçiş oldu. Fırınlar ve fabrikalar için en etkili yakıt olan kömürün bir bedeli vardı – kirliliği körükleme ve o sırada bilinmeyen sera gazlarında artış.

Bununla birlikte, 1880'lerde Amerikalı mucit Charles Fritts yenilenebilir enerjinin yeni bir biçiminin anahtarını sundu – Güneş enerjisini elektriğe çeviren fotoelektrik pil. Alman sanayici Werner von Siemens pilin sınırsız enerji üretme potansiyelini hemen gördü ama Güneş enerjisinin yaygın bir biçimde benimsenmesi bir yüzyılı aldı. "Temiz" hidroelektrik enerji, büyük ölçekte elektrik üretebilen ilk sürdürülebilir kaynaktı – buna 20. yüzyılın sonunda rüzgâr, gelgit ve dalga enerjisi ile jeotermal enerji eklendi.

Çevre etiği

1937'de ABD'de yoğun çiftçiliğin neden olduğu yıkıcı "Toz Çanağı"ndan sonra Başkan Franklin Roosevelt, "Topraklarını yok eden bir ulus kendini yok eder," dedi. 1949'da Amerikalı çevrebilimci ve ormancı Leopold Aldo bir "toprak etiği", insanlar ile yerel çevreleri arasında sorumlu bir ilişkiyi savunarak çevreci düşüncede sürekli tekrarlanan bir temayı açıkladı. Savaş sonrası

1987
Hindistan'da tohum çeşitliliğini korumak, adil ticareti teşvik etmek ve çifkçileri korumak için HDÖ **Navdanya** ("Dokuz tohum") kurulur.

1991
ABD'de yayımlanan **Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi** raporu **ekolojik araştırmalara** fon artışını savunur.

1997
Gretchen Daily'nin **Ekosistem Hizmetleri** insanların doğal çevreyi **korumaktan** nasıl **yararlanabileceğini** gösterir.

1981
Mark Schafer bir **türün soyunun tükenme** olasılığını hesaplamanın bir yöntemi olanak **Popülasyon Yaşayabilirlik Analizine** (Population Viability Analysis – PVA) öncülük yapar.

1988
Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli İsviçre, Cenevre'de kurulur.

1992
BM **Rio Dünya Zirvesi sera gazı salınımlarını** azaltmak için küresel hedefleri belirler.

2015
Paris İklim Değişikliği Anlaşması, BM'ye üye 195 ülke tarafından imzalanır.

dönem, kaliteli hava ve içme suyu sağlamak, milli parklar ve başka koruma alanları kurmak için yasalar çıkaran hükümetler gördü. 1968'de UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü) Paris Biyosfer Konferansını düzenleyince dünya ilk kez kendi kolektif sesini buldu. Bu, üç yıl sonra, İnsan ve Biyosfer Programının yaratılmasıyla sonuçlandı.

Artan farkındalık

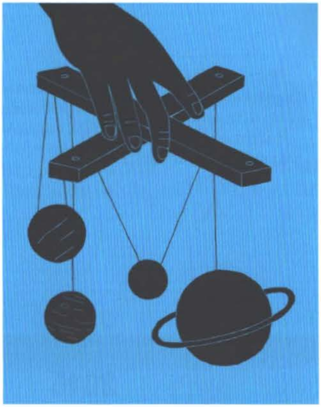
Önemli çevre koruma örgütlerinin kurulması, kamuoyunun çevre kaygısının işaretiydi. 1948'de Doğayı ve Doğal Kaynakları Korumak İçin Uluslararası Birlik kuruldu; onu Dünya Yaban Hayatı Fonu (1961), Dünyanın Dostları (1969) ve Greenpeace (1971) izledi. 1969'da California'da Santa Barbara'daki büyük petrol sızıntısından sonra ABD'li senatör Gaylord Nelson, çevreye yönelik değişik tehditlere ışık tutmak için ulusal bir etkinlik düşüncesini önerdi. 22 Nisan 1970'te gerçekleşen ilk Dünya Gününde ABD'de milyonlar sokağa çıktı. Etkinliğin çapı Temiz Hava Yasası, Temiz Su Yasası ve Tehlike Altındaki Türler Yasasının çıkmasına yardımcı oldu ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansının (EPA) kurulmasına yol açtı.

1973'te Alman ekonomist Ernst Schumacher, çok satan kitabı Küçük Güzeldir'de ekosistemlerin bize nasıl karmaşık hizmetler sunduğunu açıklamak için "doğal sermaye" terimini kullandı. Bu kavram, Amerikalı çevreci Gretchen Daily'e ve ekosistemlerin, düzgün yönetildiğinde yaşamsal mal ve hizmet akışı sağlayan sabit sermaye olduğunu savunan diğerlerine ilham verdi.

Uluslararası işbirliği

İki BM kuruluşu –Dünya Meteoroloji Örgütü ve BM Çevre Programı– 1988'de insan kaynaklı iklim değişikliği riskini değerlendirmek için Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelini (IPCC) kurdu.

IPCC iklim değişikliğini izlemeye devam ediyor. 1992'de bir BM girişimi olan Rio Dünya Zirvesi, hem büyüklüğü hem ilgi alanları bakımından benzersizdi. Sera gazı salınımları konusunda küresel anlaşma sağlamaya çalışan uluslararası toplantıların ilkiydi. Şimdi uluslararası işbirliği dünyanın çevresini kurtarmanın anahtarı olarak görülüyor. ■



İNSANIN DOĞAYA EGEMENLİĞİ YALNIZCA BİLGİYE DAYANIR

İNSANIN DOĞAYA EGEMENLİĞİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Francis Bacon (1561–1626)

ÖNCE
MÖ y. 9500 Ortadoğu'da ilk tarım ürünleri yetiştirilir.

MÖ 340'lar Yunan filozof Aristoteles, insanın en üstte olduğu bir "varlık merdiveni" geliştirir.

15. yüzyıl "Keşifler Çağı" başlar: Avrupalılar yeni kaynaklar bulmak için dünyayı araştırmaya koyulur.

SONRA
y. 1750 Buhar makinesi gibi yeni bir teknoloji İngiltere'de Sanayi Devrimini başlatır.

1866 Gregor Mendel 22 bezelye çeşidi yetiştirerek genetikbilimine öncülük eder.

1970'ler İlk genetik mühendislik –insanların DNA'ya doğrudan müdahalesi– deneyleri gerçekleşir.

14 ile 17. yüzyıllar arasında Rönesans ("yeniden doğuş") öncelikle, bütün Avrupa'da Katolik kilisenin otoritesine meydan okunmaya başlanınca gelişen sanatla ve kültürle ilişkilendirilir. Bu aynı zamanda bazılarının "bilimsel bir devrim"in başlangıcı olarak gördüğü olağanüstü bilimsel ilerlemelerin olduğu bir dönemdi. Astronomi, fizik ve tıp alanında yapılan keşifler, bilimin evrenle ilgili her şeyi insanlara anlatabildiği ve bilginin, insanları evrenin efendisi yapacağı düşüncesine yol açtı. Dönemin birçok bilim insanı, Tanrı'nın, içinde insan yaşasın diye yarattığı bir evrende insanların ayrıcalıklı bir yere sahip olduğuna inanıyordu. Bilimsel yöntemin gelişmesinde bir öncü olan İngiliz filozof ve bilim insanı Francis Bacon (1561-1626) bu düşünceye güç verdi; ona göre doğal dünya, insanları geçindirmek için vardı, fethedilmeli ve sömürülmeliydi.

Bacon'ın görüşü daha sonra "emperyal ekoloji" olarak anıldı – insanlığın bilimsel ve teknolojik bilgisinin doğal dünyaya egemen olmak için kullanılması gerektiği düşüncesi. Emperyal ekoloji Rönesans, Aydınlanma –bilgi arayışına adanan bir 18. yüzyıl hareketi– ve daha sonra 18. ve 19. yüzyılların Sanayi Devrimi boyunca ağırlıklı ideoloji haline geldi. ■



Sir Francis Bacon, parlamenter kıyafetleri içinde bir potre için poz veriyor. Bacon'ın parlak bir siyasal kariyeri oldu; 1603'te şövalye yapıldı, 1618'den 1621'e kadar İngiltere'nin Adalet Bakanı olarak görev yaptı.

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Holistik bir dünya görüşü 210–211 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ Çevre etiği 306–307



DOĞA BÜYÜK BİR EKONOMİSTTİR

İNSANIN VE DOĞANIN BARIŞ İÇİNDE BİR ARADA YAŞAMASI

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Gilbert White (1720–93)

ÖNCE
MÖ 4. yüzyıl Yunan filozof Diogenes uygarlığın rahatlığını bırakıp "doğayla uyumlu" bir yaşamı savunur.

1773 Amerikalı doğabilimci William Bartram, 1791 tarihli kitabı *Travels*'ta belgelenen, Güneydoğu ABD'nin yaban hayatına ilişkin saha araştırmalarına başlar

SONRA
1949 Amerikalı çevrebilimci Aldo Leopold insanların "toprak etiği"ni ya da doğaya karşı sorumluluklarını araştıran *Bir Kum Yöresi Almanağı*'nı yayımlar.

1969 ABD'de modern Yeşil Hareketi'nin başlagıcına işaret eden Dünyanın Dostları kurulur – başlangıçta nükleer-karşıtı bir grup olarak.

18. yüzyılda bilim ve teknolojideki hızlı ilerlemeler –özellikle Ingiltere'de– insanlar doğal dünyayı kontrol etmeye ve sömürmeye çalıştığı için yaygın sanayileşmeye ve kentleşmeye yol açtı. Bununla birlikte İngiltere'de hâlâ toprakta yaşayan ve çalışan çok kişi vardı. Eğitimli kırsal sınıftan bazıları hem bilime hem doğaya hayrandı. Bu gruptan yeni bir doğabilimciler kuşağı ortaya çıkıp insanların, bilimsel araştırmalarından doğal dünyaya egemen olmaya çalışmak yerine onunla uyumlu yaşamayı öğrenmeleri gerektiğini öne sürdü.

Arkadia ideoloji

1789'da kırsal alan papazı ve doğabilimci Gilbert White, *Natural History and Antiquities of Selborne*'u yayımladı; kitap daha sonra "Arkadia Ekolojisi" denilen alanda çığır açan bir eser oldu. Oxford'da okuyan, hevesli bir bahçıvan ve ornitolog olan White köyünün etrafındaki yaban hayatını yakından gözlemledi ve 1751'den itibaren ayrıntılı notlar tuttu. Kitap bulgularıyla ilgili, birkaç kafadar doğabilimciyle yazışmalarından derlendi ama basit bir veri derlemesinden ibaret değildi. White'ın merak uyandıran ve çoğu kez şiirsel üslubu ikna edici bir mesaj gönderiyordu; eseri, doğayı fethetme "emperyal" düşüncesini reddediyor, onun yerine insan ile doğal dünya arasında bir dengeyi savunuyordu – White'ın yaklaşımına adını veren Antik Yunanların mitik Arkadia'sında olduğu gibi. ■

> Kuşların alışkanlıklarını izlerken White'ın Selborne'unu okumaktan çok keyif aldım, hatta notlar aldım.
> **Charles Darwin**

Ayrıca bkz: Romantizm, çevre koruma ve ekoloji 298 ■ Çevre etiği 306–307 ■ Yeşil Hareketi 308–309 ■ İklim değişikliğini durdurma 316–321



DÜNYANIN KORUNMASI, YABANILLIKTADIR

ROMANTİZM, ÇEVRE KORUMA VE EKOLOJİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Henry David Thoreau (1817–62)

ÖNCE
1662 İngiliz günlük yazarı John Evelyn'in ormanların korunmasını savunan eseri *Sylva*, Royal Society'ye sunulur.

1789 Gilbert White, "emperyal ekoloji"ye bir tepkiye ilham veren *Natural History of Selborne*'u yayımlar.

SONRA
1872 İlk ABD Milli Parkı Yellowstone'u yaratan bir yasa tasarısı, Başkan Ulysses S. Grant tarafından imzalanıp yasalaştırılır.

1892 San Francisco'da İskoç-Amerikalı çevre korumacı John Muir, Sierra Kulübünü kurar.

1971 UNESCO "İnsan ve Biyosfer" projesi başlatılır.

Birçok bakımdan romantizm –18. yüzyılın sonuna doğru ortaya çıkan yeni bir kültür hareketi– Aydınlanmanın bilimsel rasyonalizmine bir tepkiydi. Sanayileşme kentsel alanlarda kök saldıkça yazarlar, ressamlar ve besteciler giderek daha fazla doğal dünyayı yüceltmeye başladı. Artık zengin olan orta sınıflar romantik doğa tasvirlerinden özellikle esinlendi, doğa yürüyüşü ve dağcılık gibi boş zaman etkinliklerine katıldı. Romantizm yeni doğan ekoloji alanına ve çevre hareketine ilgi uyandırarak doğaya bilimsel yaklaşımları bile etkiledi.

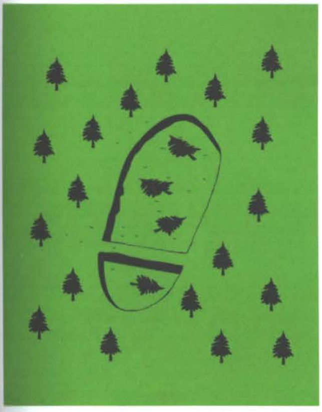
Yaban dünya

Doğanın romantikleştirilmesinde önemli kişi, Amerikalı yazar Henry David Thoreau'ydu. *Walden* kitabı (1854), Walden gölünün yanındaki ormanda bir kulübede yaşadığı zamanı tasvir eder. Thoreau doğanın korunmasını iyilik olsun diye değil, insan yaşamının sürdürülmesinde zorunlu bir kaynak ve bir tür manevi zenginleşme olarak savundu. Thoreau'nun "yaban"ı modern yaşamdan çok uzak olmamakla birlikte doğal dünyayı romantik tasviri ABD'de çevre koruma hareketini önemli ölçüde etkiledi ve Milli Parklar sistemine ilham verdi. ■



Thoreau'nun Walden gölündeki basit kulübesi, Walden'in 1875 basımının başlık sayfasında yer alıyordu. Thoreau, kent yaşamının yükümlülüklerinden kurtulmak için yabana gittiğini iddia etti.

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Holistik bir dünya görüşü 210–211 ▪ Çarpık kentleşme 282–283 ▪ Yeşil Hareketi 308–309



İNSAN HER YERDE HUZUR BOZUCU BİR FAİLDİR

İNSANIN DÜNYA'YI TAHRİP ETMESİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
George Perkins Marsh
(1801–82)

ÖNCE
1824 Fransız fizikçi Joseph Fourier sera etkisini açıklar – daha sonra küresel ısınmaya katkıda bulunan bir faktör olduğu saptanır.

1830'lar Bilim insanları Hollandalıların 17. yüzyılda Mauritius'u sömürgeleştirmesinin dodo kuşunun soyunun tükenmesine neden olduğunu varsayar.

SONRA
1962 ABD'de Rachel Carson'ın *Sessiz Bahar*'ı pestisitlerin çevre üzerindeki zararlı etkilerini açıklar.

1971 Amerikalı çevreciler Greenpeace'i kurar.

1988 "İnsan kaynaklı iklim değişikliği riski"ni değerlendirmek için Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) oluşturulur.

Doğal dünyanın insanlar tarafından sömürülmek için var olduğunu öne süren yaygın görüş, 19. yüzyıl çevre hareketi büyük bir reddiyeyle karşılaştı. 15. yüzyıl sonlarındaki küresel keşifler çağının şafağından beri yaygın olan "emperyal" yaklaşımlara karşı argümanlar Gilbert White gibi doğabilimcilerle birlikte başladı ve romantizmin duygularında yankılandı. Bu tür düşünceler, insanın doğal dünya fetihlerinin verdiği zararı incelemekten çok, doğanın idealleştirilmesine odaklanma eğilimindeydi.

Amerikalı bilgin George Perkins Marsh modernizme duygusal tepkilerin aksine, insanların çevre üzerindeki etkisine yakından baktı ve değişiklik önerdi. İnsanların doğal kaynak yönetiminin yıkıcı etkileri karşısında Marsh dehşete düştü. *Man and Nature, Or, Physical Geography as Modified by Human Action* (1864) kitabında, özellikle ABD'nin bazı bölgelerini fiilen çölleştiren kitlesel ormansızlaşmaya işaret etti. Marsh insanların kendi yıkıcı etkilerinin farkına varmaları ve doğal dengeyi korumak için doğal kaynakları yönetmenin yeni yollarını bulmaları gerektiğine inanıyordu. Yazar olduğu kadar aktivist de olan Marsh koruma alanları ilkesinin yerleşmesine yardımcı oldu ve 19. yüzyıl çevre hareketinin temel öğesi olan sürdürülebilir kaynak yönetimi düşüncesine ilham verdi. ■



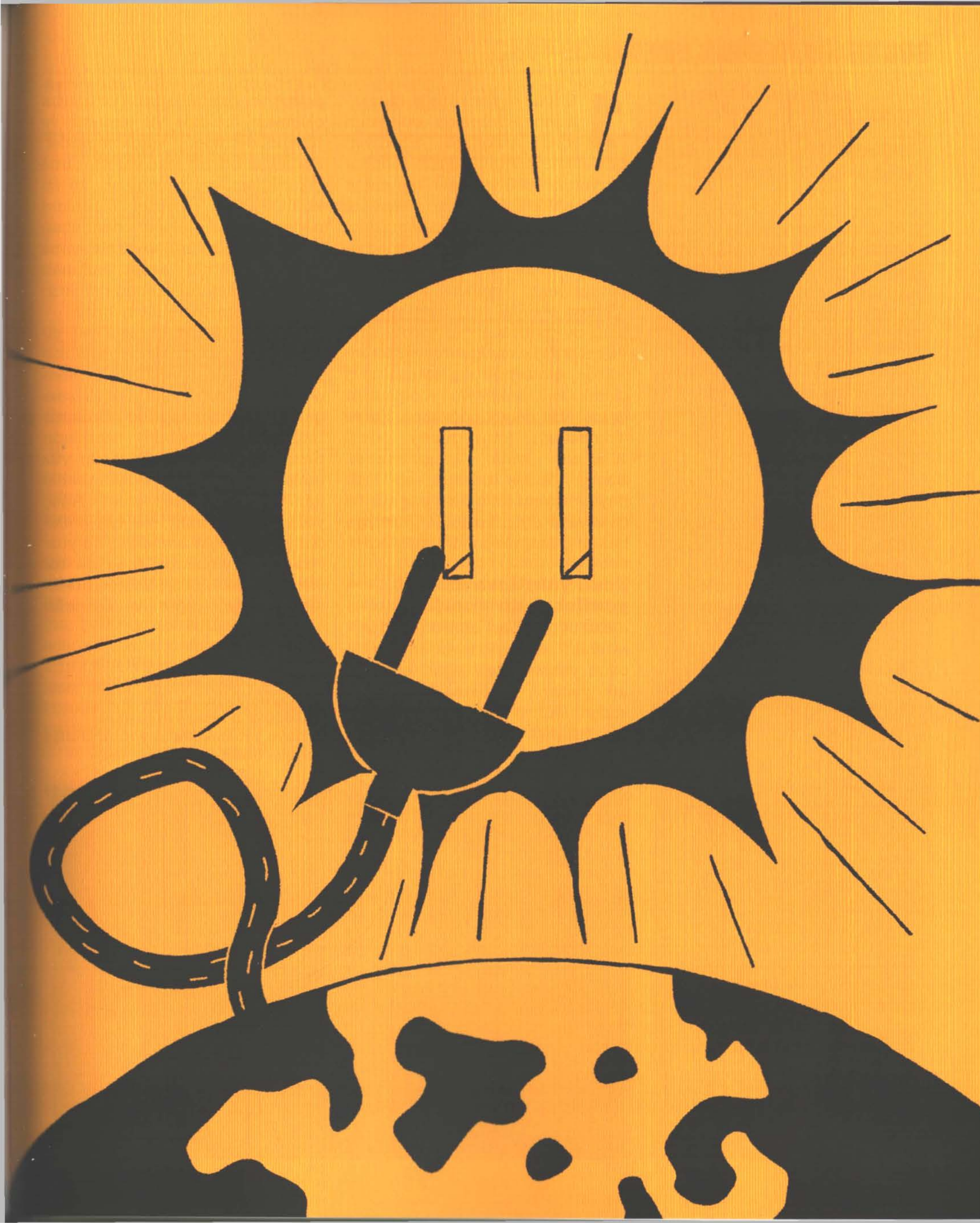
George Perkins Marsh 882 tarihli bir gravürde. Vermont yerlisi olan Marsh bir çevreci olmanın yanı sıra aynı zamanda yetenekli bir dilci, hukukçu, kongre üyesi ve diplomattı.

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Bir plastik çöplüğü 284–285 ▪ İnsanın doğaya egemenliği 296 ▪ Çevre etiği 306–307

GÜNEŞ ENERJİSİ

HEM SINIRSIZDIR, HEM MALİYETSİZDİR

YENİLENEBİLİR ENERJİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Werner von Siemens (1816–92)

ÖNCE
MÖ 2. yüzyıl İlk su çarkları teknoloji tarihinde emek tasarrufu sağlayan bir dönüm noktasına işaret eder.

1839 Fransız fizikçi Edmond Becquerel zayıf bir voltaj üretmek için ışık kullanan ilk fotoelektrik pili yaratır.

1873 Fransız mucit Augustin Mouchot fosil yakıtların gelecekte biteceği uyarısında bulunur.

1879 İlk hidroelektrik enerji santrali Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Niagara şelalelerinde inşa edilir.

SONRA
1951 İlk şebekeye bağlı nükleer enerji santralinin inşaatı SSCB, Obninsk'te başlar. Bu santral 1954'ten 1959'a kadar elektrik üretti.

1954 ABD'deki Bell Laboratuvarları ilk pratik silikon fotoelektrik pili geliştirir.

1956 Amerikalı jeolog Marion King Hubbert 2000 yılından sonra petrol üretiminin azalacağını öngörür.

1966 Dünyanın ilk gelgit enerjisi santrali Fransa'da Rance ırmağında çalışmaya başlar.

2018 Uluslararası Enerji Ajansı küresel enerji talebini karşılamada yenilenebilir enerji payının beşte bir artıp 2013'te yüzde 12,4'e ulaşacağını öngörür.

19. yüzyıl sonlarında sanayileşen Avrupa'da dünyanın fosil yakıtlara ebediyen güvenemeyeceğine ilişkin korkular artıyordu. 1883'te Amerikalı mucit Charles Fritts ilk çalışan selenyum güneş pili panelini yapınca ilerici Alman sanayici Werner von Siemens, bunun yenilenebilir enerji potansiyelini hemen fark etti. "Güneş enerjisi arzı hem sınırsız hem de maliyetsizdir," dedi. Yine de o sırada selenyumun nasıl fotoelektrik ürettiğini hiç kimse tam olarak bilmediği ve Siemens'in daha fazla deney çağrısına kimse aldırmadığı için güneş pilleri 1950'lere kadar geliştirilmedi. Bugün Güneş enerjisi, en hızlı büyüyen yeni enerji kaynağıdır ve gelecekte yenilenebilir enerjiye hâkim olacağını öngörülmektedir.

Fosil yakıtlara karşı yenilenebilir enerji

İnsan uygarlıkları binlerce yıl yenilenebilir enerjiden yararlandı – odun yakmaktan rüzgârı kullanarak yelkenli gemileri yürütmeye kadar. Güneş ışığı ya da gelgit enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklar kullanmakla tükenmez. Kömür, petrol ve gaz gibi fosil yakıtların oluşması binlerce yıl almıştır ve tükendiklerinde yenilenemezler. Doğalgaz bol bir fosil yakıttır ama çıkarılması yer sarsıntıları ve su kirliliği gibi çevresel sorunlara neden olabilir. Nükleer enerji uzun bir dönem sürdürülebilir olmasına rağmen üretimi ender bulunan tipte bir uranyum cevheri gerektirdiği için yenilenebilir sayılmaz.

Güneş enerjisi, rüzgâr ve su gibi enerji kaynakları genellikle "temiz"dir – fosil yakıtlardan farklı olarak sıfır ya da çok düşük sera gazı salınımları üretirler. Bununla birlikte, yenilenebilir enerjilerin tümü temiz değildir. İnsanlar yüz binlerce yıl ısıtma ve aydınlatma için odun ve tezek yaktı. Ağaç yeniden dikilebilir ve hayvanlar daha fazla dışkı üretebilir, bu yüzden sürdürülebilirdir ama bu tür yakıtları yakmak da karbondioksit (CO_2) yayar; diğer yenilenebilir

California'da Mojave çölündeki Ivanpah Güneş enerjisi santrali, günün en yoğun saatlerinde 140.000'den fazla eve hizmet etmeye yetecek kadar yoğun Güneş enerjisi üretir.



Ayrıca bk: Küresel ısınma 202–203 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ Ozon incelmesi 260–261 ▪ Doğal kaynakların tükenmesi 262–265 ▪ Atık yönetimi 330–331

Güneş enerjisi Güneş **ışımasından** elde edilir.

→ **Güneş ışıması**, Dünya'da **enerji üretmek** için kullanılabilir

→ Bu **enerji arzı**, Güneş **var olduğu** sürece **durmaz.**

→ **Güneş enerjisi sınırsızdır.**

enerji biçimlerinden farklı olarak, "alternatif" bir kaynak olarak sınıflandırılmamalarının nedeni budur.

Yenilenebilir, temiz enerjinin popülasyonlara ve ekosistemlere uzun erimli çok yararı vardır. Kirliliği azaltır, küresel iklim değişikliğini hafifletir, sürdürülebilirliği inşa eder ve ülkelerin enerji güvenliğini artırır. Yeterince ucuz elde edilebilirse birçok kişiyi yoksulluktan da kurtarabilir. Bugün 30 kadar ülkede yenilenebilir enerji, arzın yüzde 20'sinden fazlasını oluşturuyor.

Güneş enerjisi

Güneş'in enerjisi Dünya'nın enerji ihtiyacını birkaç kat fazlasıyla karşılayabilir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) kısa vadede Güneş enerjisinin tüm yenilenebilir enerjilerin en büyük potansiyeline sahip olduğuna inanıyor. Işıması, fotoelektrik pillerle doğrudan elektriğe dönüştürülebilir (binalardaki güneş panellerinde olduğu gibi) ya da dolaylı bir biçiminde mercek ya da ayna kullanılarak ısı yaratılıp elektriğe dönüştürülebilir. Buna yoğunlaştırılmış Güneş enerjisi denir.

Bir çatıdaki güneş panelleri ev suyunu ısıtabilir. İlk kez 16. yüzyılda Arap simyacıların benimsediği ve 19. yüzyılın sonunda Şili'de sınai ölçekte kullanılan bir buharlaştırma işlemiyle suyu tuzdan arındırmak için Güneş ışığı kullanıldı. Gelişmekte olan dünyada solar dezenfeksiyon iki milyondan fazla insana güvenli içme suyu sağlıyor; işlem, patojenleri öldürmek için Güneş ısısını ve morötesi ışık kullanmayı gerektiriyor.

Rüzgâr enerjisi

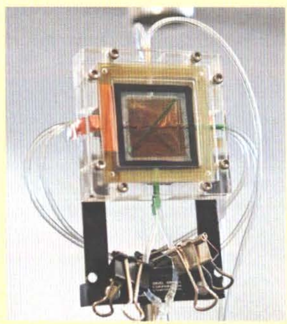
2.000 yıldan fazla bir süre insanlar su pompalamak ve tahıl öğütmek için rüzgâr değirmenleri inşa etti. Bugün deniz kıyısında ya da açık denizde rüzgâr santralleri yenilenebilir enerji tüketiminin yaklaşık yüzde 9'unu üretir. Bir rüzgâr türbininin büyük kanatları elektrik üreten bir jeneratörü döndüren ana mile bağlı bir rotoru çalıştırır. Bugün rüzgâr enerjisi Avrupa'da, ABD'de ve Kanada'da önde gelen bir enerji alanıdır. Danimarka'nın enerjisinin neredeyse yüzde 50'si rüzgârden gelir; İrlanda, Portekiz ve İspanya'da rakam yüzde 20'dir. Küresel potansiyelinin şimdiki düzeyinin beş katı olduğu düşünülüyor.

Ne var ki, yalnızca düzenli rüzgârların olduğu yerlerde rüzgâr

Yapay fotosentez

1970'lerin başından beri bilim insanları fotosentez sürecini taklit edip karbondioksit, su ve Güneş ışığından sıvı yakıt yaratma teknolojisi geliştirmeye çalışıyor. Karbondioksit, su ve Güneş ışığı bol olduğu için, süreç kopya edilebilirse sonsuz, görece ucuz bir temiz yakıt ve enerji arzı üretebilirdi.

İki önemli adım var: Birincisi, Güneş enerjisini kullanıp suyu oksijene ve hidrojene ayıran katalizörler geliştirmek; ikincisi, hidrojeni ve karbondioksiti sıvı hidrojen, etanol ya da metanol gibi enerji-yoğun bir yakıta çeviren katalizörler yaratmak. Yakın zamanda Harvard Üniversitesinde bilim insanları katalizörler kullanıp suyu oksijene ve hidrojene ayırdıktan sonra, bakterilere hidrojen artı kadbondioksit yükledi. Biyo-mühendislik ürünü bakteriler karbondioksit ve hidrojeni sıvı yakıtlara dönüştürdü. Bir sonraki meydan okuma, başarılı bir laboratuvar deneyini ticari olarak yaşayabilir bir şeye aktarmaktır.



Bu solar yakıt jeneratörü bitkilerin, Güneş ışığını ve havadaki karbondioksiti enerjiye ve oksijene dönüştürmesini taklit ediyor.

Sıcak-kuru-kayaç enerjisi

Derin yeraltından yüzeye sıcak su getiren doğal kayaç çatlakları, işletilmesi kolay olduğu için jeotermal enerjinin "kolay lokması" olarak nitelendi. Ne var ki, dünyanın pek çok yerinde nadir bulunur. Yeryüzünün altında kilitli jeotermal enerjinin büyük çoğunluğu kuru, gözeneksiz kayaçlardadır.

Geliştirilmiş jeotermal sistem (EGS; *Enhanced Geothermal System*), doğalgaz ve petrol için hidrolik kırmaya benzer bir işlem, kaya tabakasını çatlatıp içine su sıkarak bu sorunun üstesinden gelmeyi amaçlar. Su, kayaca değince ısınır ve ardından üretim kuyularından yüzeye döner. Sondaj derinliğinin ekonomik sınırlarına bağlı olarak bu teknoloji dünyanın birçok yerinde uygulanabilir ama riskleri de vardır. Hidrolik kırma gibi EGS de küçük yer sarsıntılarına neden olabilir; bu nedenle yerleşim alanlarına ya da enerji santrallerine yakın yapılmamalıdır.

> ...rüzgâr, Güneş ve yerin kendisi bedava, fiilen sınırsız miktarda yakıt sağlıyor.
>
> **Al Gore**
>
> ***Amerikalı çevreci ve eski ABD Başkan Yardımcısı***

santralleri inşa etmek ekonomiktir; bu yüzden potansiyel, dünyaya eşit yayılmamıştır. Açık deniz rüzgârı karadakinden genelikle daha güçlüdür ve daha düzenlidir. Kıyıya yakın sığ sularda olması gereken, deniz yatağına bağlı rüzgâr türbinlerinden farklı olarak yüzen türbinler daha fazla açıklarda elektrik üretebilir.

Jeotermal enerji

Dünya'nın içindeki ısı hem gezegenin özgün oluşumundan hem içindeki malzemelerin radyoaktif bozunmasından kaynaklanır. Paleolitik zamandan beri insanlar jeotermal suyun yüzeye çıktığı kaplıcalarda yıkanmaktadır. Antik Romalılar villalarını bununla ısıtırdı. Bugün en az 27 farklı ülkede elektrik üretmek için kullanılmaktadır; Amerika Birleşik Devletleri, Filipinler ve Endonezya dünyanın önde gelen jeotermal elektrik üreticileridir.

İzlanda'da jeotermal ısı, doğrudan evleri ve yolları ısıtmak için de kullanılır. Şimdi deniz suyu arıtma tesislerini çalıştırmak için jeotermal sıcak su kullanacak teknoloji geliştiriliyor. Bu yenilenebilir enerji kaynağının tek aksiliği Dünya'nın manto ısısının yüzeye yaklaştığı tektonik levha sınırlarına yakın yoğunlaşmasıdır. Potansiyel daha fazladır ama derin kaynaklara inmek çok pahalıdır.

Su enerjisi

Su, havadan 800 kat daha yoğun olduğu için yavaş bir akıntı bile, örneğin jeneratörlere bağlı türbin-

Çin'in Üç Boğaz Barajı, dünyanın en büyük hidroelektrik barajı 2012'de tamamlandı. Eleştirmenler, Yangtze ırmağının habitatı ve biyolojik çeşitliliği üzerindeki ekolojik etkisine ve yerel halk için taşkın ve heyelan riskine işaret ediyor.

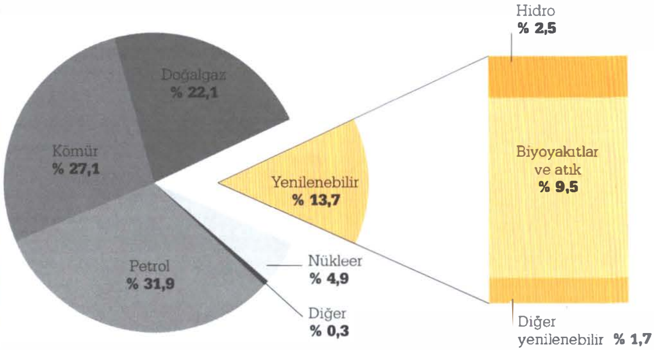


leri çalıştıran barajlarla önü tutulursa hatırı sayılır miktarda enerji üretebilir. Çin en büyük hidroelektrik enerji (HES) üreticisidir; 22.500 megavat elektrik üretme kapasitesine sahip 32 dev türbini bulunan Üç Boğaz Barajı gibi "büyük baraj" planları dışında 45.000 küçük hidroelektrik santrali vardır. Büyük HES'lerin olumsuz yanı, tarım arazilerinin baraj suyunun altında kalması, insanları taşınmak zorunda bırakması ve ekosistemleri yok etmesidir. Buna rağmen Uluslararası Enerji Ajansı hidroelektriğin 2023'te küresel elektrik talebinin yüzde 16'sını karşılayacağını hesapladı.

Gelgit enerjisi aynı ilkeye dayanır: Hareket eden su, elektrik jeneratörlerini çalıştıran türbinleri döndürür. Gelgitten enerji kaynağı güvenilirdir, deniz hem yükselirken hem de çekilirken enerji üretir ama bu tür tesisleri inşa etmek pahalıdır. Şu anda en büyüğü Güney Kore'de 2011'de tamamlanan ve ülkenin ürettiği yıllık CO_2 miktarını 315.000 ton azaltan Shiva Gölü Gelgit Enerjisi Santralidir. Dalga gücü bir dönüştürücüyle dalga enerjisini yakalamayı gerektirir. İlk ticari dalga enerjisi planı 2000'de İskoçya'nın batı kıyısı açıklarında başladı ve ilk çok-jeneratörlü dalga santrali 2008'de Portekiz, Aguçadoura'da açıldı.

> "... bir gün yenilenebilir enerji, insanlar için enerji ihtiyaçlarını gidermenin tek yolu olacak."
>
> **Hermann Scheer**
> ***Avrupa Yenilenebilir Enerji Birliği Başkanı***

2016'da kaynağına göre dünya enerji arzı



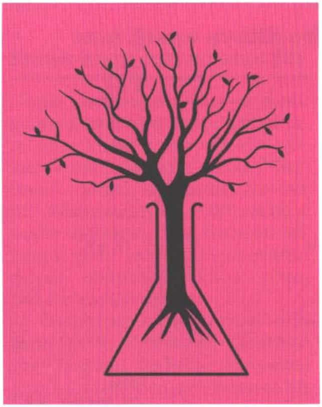
IEA'nın verilerine göre 2016'da bütün dünyada toplam enerji üretiminin ve arzının kaynaklarını gösteren dilim grafik. "Diğer" yenilenemez atıkları ve yakıt pili gibi başka yerde bulunmayan diğer kaynakları içerir.

Biyokütle

Bitki ve hayvan kaynaklı organik madde biyokütle olarak bilinir. Depolanmış enerji içerir çünkü bitkiler fotosentezle büyümek için ihtiyaç duydukları Güneş enerjisini emer ve yaratıklar bu enerjiyi ya yedikleri bitkilerden ya da avladıkları yaratıkların tükettiklerinden emer. Kuru ot, dışkı ve çöp gibi bitki, hayvan ve insan atığı ürünlerden yenilenebilir bir yakıt yaratmak çekici bir seçenek gibi görünebilir ve kömür yakan bazı enerji santrelleri odun yakanlara dönüştürüldü. Biyokütle yakmak ısı, elektrik, etanol ve biyodizel gibi taşıt yakıtları üretir. Bir yakıt olarak yakılan biyokütle CO_2 açığa çıkarır, hava ve parçacık kirliliği yaratır. Odun için bakir orman kesmek ya da biyoyakıtlar için tahıl gibi biyokütle ürünleri yetiştirmek de çevreye zarar verebilir. Herhalde bundan ötürü biyokütle diğer yenilenebilir seçeneklere gücü yetmeyen ülkelerde daha yaygın bir yakıttır. Uluslararası Enerji Ajansına göre 2016'da katı biyoyakıt arzının çoğu Afrika'da gerçekleşti – yüzde 33,2.

Gelecek

Yenilenebilir enerjide büyüme arttıkça her tipin avantajları olumsuz etkileri –biyokütle kirliliğinden rüzgâr türbini kanatlarının göçmen kuşların ölümündeki rolüne kadar– dengelemelidir. 2014'te Uluslararası Enerji Ajansı, 2040'ta küresel enerji ihtiyacının yüzde 40'nın yenilenebilir enerjiyle karşılanacağını öngördü. 2018'de de 2023'te tüm dünya elektriğinin neredeyse üçte birinin yenilenebilir olacağını, en büyük payı Güneş enerjisinin alacağını öngördü. Okyanus akıntıları uzayda ya da denizlerde yüzen büyük güneş paneli tarlaları da büyük miktarda elektrik üretebilir. ■



BİLİMİN DÜNYAYLA MEŞGUL OLMA ZAMANI GELDİ

ÇEVRE ETİĞİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Aldo Leopold (1887–1948)

ÖNCE
1894 İskoç-Amerikalı doğabilimci John Muir *The Mountains of California*'da, California'da yabandayken hissettiği derin maneviyatı ve macera ruhunu uyandıran gezilerini tasvir eder.

1909 Gifford Pinchot'nun *The ABC of Conservation*'ı gelecek kuşakların dünyanın doğal kaynaklarından yararlanabilmeleri gerektiğini savunur.

SONRA
1968 ABD'li akademisyen Paul R. Erlich ve karısı Anne nüfus artışının tehlikeleri konusunda uyarıda bulunan *The Population Bomb*'u yayımlar.

1970 22 Nisan'da ABD'de ilk Dünya Günü kutlanır. Çevre eğitimi ve reformu konusunda küresel ölçekte yıllık bir kutlama haline gelir.

Aslında çevre etiği disiplini, etiğin sınırlarını insanların ötesine ve doğal dünyanın içine kadar genişletir. İnsanları çevre içindeki rollerini, gezegene karşı sorumluluklarını ve gelecek kuşaklara karşı görevlerini sorgulamaya zorlar.

Çevre etiği alanı hem popüler hem akademik yazılarda ifade edilen, acil bir haddini aşan kriz duygusundan doğdu. 1962'de ABD'li biyolog ve çevre korumacı Rachel Carson'ın yazdığı Sessiz Bahar kitabı pestisitlerin çevre üzerindeki ciddi etkilerini belgeledi ve bu konuları, Amerikan kamuoyunda ön plana çıkardı. Altı yıl sonra ABD'li çevrebilimcı Garrett Hardin'in "Ortak Varlıkların Trajedisi" başlıklı makalesi ortak kaynakları aşırı kullanmanın ve insan nüfusunun kontrolsüz artmasına izin vermenin tehlikelerini açıkladı.

> Bir şey, biyotik topluluğun bütünlüğünü, istikrarını ve güzelliğini koruma eğiliminde olduğu zaman doğrudur. Tersi eğilimde olunca yanlıştır.
> **Aldo Leopold**

Diğer yazarlar yaklaşan krize felsefi bir bakış açısından baktı. Aldo Leopold'un *Bir Kum Yöresi Almanağı*'nda (1949) ana hatları çizilen "toprak etiği", insanları daha geniş bir ekosistem içinde diğerleriyle eşit düzeye yerleştirmekteydi. Daha büyük bir bütünün bir parçası olarak etik kaygılarımız yalnızca insan sağlığı ve mutluluğu değil, bütün ekosistemin sağlıklı işleyişi olmalıdır.

ABD'li tarihçi Lynn White, daha sonra bir makale olarak yayımlanan 1966 tarihli çığır açıcı konuşması "Ekolojik Krizimizin Tarihsel Kökleri"nde çevre krizinin, Batı toplumunun dünya görüşünün kusuru olduğunu iddia etti. Özellikle insan merkezciliği –insanların diğer tüm yaratıklardan üstün olduğu, doğanın insanların kulllanması ve sömürmesi için yaratıldığı

Ayrıca bkz: Tehkile altındaki habitatlar 236–239 ▪ Pestisitlerin mirası 242–247 ▪ Doğal kaynakların tükenmesi 262–265 ▪ Ekosistem hizmetleri 328–329



Uzak yüksek Mineral King Vadisi imar tehdidini atlattı. Herkese faydalı olmayı amaçlayan -Aldo Leopold'un "toprak etiği" ilkesine uyarak- bir ekosistem olarak duruyor.

görüşüne yol açan düşünce– teşvik eden Hıristiyan düşünceyi suçladı

Etik ikilemler

Çevre etiği motivasyonların insanmerkezciliğe mi yoksa asli olarak korunmayı hak ettiği için doğal dünyayı korumaya mı dayandığını sorarak, sürdürülebilirliğin ve bilinçli kullanımın arasındaki ahlaki zorunlulukları sorguluyor. Bu sorular yalnızca felsefi arenalarda değil, yasal ve siyasal alanlarda da soruldu.

1969'da çevreci lobi grubu Sierra Kulübü, ABD Orman Servisinin, Walt Disney Enterprise'ın California'da Mineral King vadisinde araştırma yapmasına izin veren ruhsatına itiraz etti – Disney orada bir kayak tesisi inşa etmek istiyordu. Vadinin av yasağı dışında resmi bir koruması yoktu ama Sierra Kulübü alanın özgün haliyle korunması gerektiğini savundu. Dava Yüksek Mahkemeye gitti ve mahkeme 1974'te Orman Servisi ve Disney lehine karar verdi. Ne var ki, o sırada Disney'in ilgisi azalmıştı; bugün vadi Sequoia Milli Parkının bir parçasıdır.

İnsanmerkezci etiği izleyenler ile ekoloji-merkezli yaklaşımları savunanlar arasındaki mücadele devam etmektedir. İklim değişikliği gibi küresel olarak hassas konuların giderek daha fazla öne çıkmasıyla birlikte mücadele çoğu kez siyasal arenalarda gerçekleşiyor. Sürdürülebilir kalkınma genellikle gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılamalarını sağlamaya yönelik insanmerkezci bir gayret oldu. Çevre etikçileri ancak ekosistemin tüm üyelerinin geleceğini korursa, sürdürülebilirliğin uygulanabilir olduğunu savunma eğilimindedir. ▪



Aldo Leopold

1887'de doğan Aldo Leopold, Iowa, Burlington'da büyüdü. Yale Orman Fakültesinden mezun olduktan sonra ABD Orman Servisinde iş buldu. Oradayken Gila Milli Ormanını yaban bir alan olarak yönetme önerisinde etkili oldu ve 1924'te ABD'de ilk resmi Yaban Alanı oldu. Sonra orman servisindeki işine devam etmek üzere Wisconsin'e taşındı ve 1933'te Wisconsin Üniversitesinde Av Yönetimi profesörü oldu. Leopold 1948'de kontrol edilemeyen bir yangını söndürmeye yardım ederken öldü. Doğa tarihi ve çevre koruma üzerine denemelerinin çoğu öldükten sonra doğmakta olan çevre hareketini büyük ölçüde etkileyen *Bir Kum Yöresi Almanağı* gibi derlemelerde yayımlandı.

Önemli eserleri

1933 *Game Management*
1949 *Bir Kum Yöresi Almanağı*
1953 *Round River: From the Journals of Aldo Leopold*
1991 *The River of the Mother of God: and Other Essays*



KÜRESEL DÜŞÜN, YEREL HAREKET ET

YEŞİL HAREKET

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
David Brower (1912–2000), **Petra Kelly** (1947–92)

ÖNCE
1892 İskoç-Amerikalı çevre korumacı John Muir, California, San Francisco'da Sierra Kulübünü kurar.

1958 Çevreciler California'daki Bodega körfezinde bir nükleer enerji santrali önerisini protesto eder.

SONRA
1970 22 Nisan'da ABD'de ilk Dünya Günü kutlanır.

1972 Tazmanya, Yeni Zelanda ve İsviçre'de seçimlerde çevreciler aday olur.

1996 Ralph Nader, Yeşil Partiden ABD Başkanlığına aday olur.

Modern "Yeşil Hareketi"-nin kökleri 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başında kurulan, Sierra Kulübü gibi örgütlerde gelişti. Artan kentleşmenin ve sanayileşmenin tehdidiyle karşılaşan Sierra Kulübü doğal çevreyi halkın yararına korumaya çalıştı.

İnsanların çevreyle ilişkisine dair daha fazla farkındalık 20. yüzyılın ikinci yarısında daha fazla siyasal bir çevre hareketinin doğmasına yol açtı. 1960'larda Soğuk Savaş zirvedeyken ve 1962 Küba Füzeleri Krizi ABD ile Sovyetler Birliği'ni nükleer savaşın eşiğini getirip kampanyacılar arasında nükleer silahsızlanma çağrılarını canlandırınca çevre hareketi uçuşa geçti.

> Ancak çevreye özenle, ona en çok bağımlı olanların geçim kaynağı sürdürülebilir.
> **Petra Kelly**

Bu atmosferde ABD ve İngiltere'deki milli parklar sisteminde olduğu gibi, belirli doğal alanları koruma düşüncesi, çok daha geniş bir çevrecilik kavrayışına dönüştü. Çok sayıda örgüt, kitlesel protesto ve doğrudan eylem içeren güçlü bir aktivist gündemle ortaya çıktı.

Örgütlü protesto

İlk aktivist örgütlerden biri Friends of the Earth (Dünyanın Dostları) idi. 1969'da ABD'de Sierra Kulübünün eski liderlerinden çevre korumacı David Brower'ın da aralarında bulunduğu bir grup tarafından nükleer enerji santrallerinin inşa edilmesini önleme amacıyla kuruldu. Başından itibaren siyasal bakımdan aktif olan Dünyanın Dostları bütün dünyada çevreyle ilgili bir dizi konuda hükümetleri sıkıştırmaya ve sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın önemini vurgulayan kampanyalar yürütmeye devam ediyor. 1971'de Kuzey Amerika'da küçük bir aktivist grubu ABD'nin Alaska'daki Amchitka adasındaki nükleer bomba denemesini protesto etmek için Don't

Ayrıca bkz: Yurttaş bilimi 178–183 ▪ Pestisitlerin mirası 242–247 ▪ İnsanın Dünya'yı tahrip etmesi 299 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321



İngiltere'den yasadışı toksik madde taşıyan iki geminin önünde aktivistler lastik bir botun içinde – düzenli Greenpeace protestolarının bir parçası.

Make a Wave Committee'yi (Dalga Yapma Komitesi) oluşturdu. Örgüt siyasal lobi yürütmek yerine doğrudan eylemi yeğledi ve bir tekne kiralayıp protesto için adaya yelken açtı. Grubun gerçekleştirdiği tanıtım kamuoyunu etkiledi ve denemeleri durdurdu. Bu, Greenpeace olacak örgütün, çevreye zarar veren faaliyetlerde bulunanlara doğrudan eylemle karşı koymaya hâlâ devam eden bir örgütün ilk eylemiydi.

Yeşil siyaset

1970'lerde birçok ülkede çevreci programlara sahip siyasal partiler ortaya çıktı. Örneğin 1975'te İngiltere'de Ekoloji Partisi ve 1979'da Almanya'da Yeşil Parti kuruldu. Hareket ivme kazandıkça birçok küçük parti bir araya gelip ulusal, birleşik yeşil partiler kurmaya başladı.

Son yıllarda kirlilik ve iklim değişikliği gibi konular haber bültenlerinde üst sıralara çıkınca yerleşik siyasal partiler çevre dostu politikalar benimsedi. ■

> Belki siyasal irade hariç, ihtiyacımız olan her şeye sahibiz. Ama biliyorsunuz... siyasal irade yenilenebilir bir kaynaktır.
>
> **Al Gore**



Petra Kelly

Asıl adı Petra Lehmann olan ve 1947'de Batı Almanya, Günzburg'da doğan Kelly daha sonra Amerikalı bir subay olan üvey babasının soyadını benimsedi. 12 yaşındayken ailesi ABD'ye taşındı; Kelly orada, Washington'da siyaset bilimi okudu.

1970'te Avrupa'ya geri döndü. Brüksel'de Avrupa Komisyonunda çalışırken Almanya'nın Sosyal Demokrat Partisine girdi ama geleneksel siyaset konusunda hayal kırıklığına uğradı. Almanya'da 1979'da yeni kurulan Yeşil Partiye katıldı ve 1983'te parlamentoya seçilen 28 üyeden biri oldu. Kelly çevrecilik ve insan hakları konularında kampanyalar yürüttü. 1992'de, arkadaşı Yeşil politikacı Gert Bastian ile birlikte Bonn'daki evinde ölü bulundu – görünüşe göre anlaşmalı bir intiharın sonucu.

Önemli eserleri

1984 *Fighting for Hope*
1992 *Nonviolence Speaks to Power*
1994 *Thinking Green: Essays on Environmentalism, Feminism, and Nonviolence*



BUGÜNÜN EYLEMLERİNİN YARININ DÜNYASI ÜZERİNDEKİ SONUÇLARI

İNSAN VE BİYOSFER PROGRAMI

KISACA

ANAHTAR ÖRGÜT
UNESCO

ÖNCE
1925 Uluslararası Entelektüel İşbirliği Enstitüsü –entelektüel düşünce alışverişini ve yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlar– Paris'te kurulur.

1945 Birleşmiş Milletler Konferansı, UNESCO kuruluş sözleşmesini belirler.

SONRA
1983 Birinci Uluslararası Biyosfer Koruma Kongresi, Beyaz Rusya'da, Minsk'te gerçekleşir.

1995 Dünya Biyosfer Koruma Alanları Ağının yasal çerçevesi kabul edilir.

2015 BM 17 Sürdürülebilir Hedef inisiyatifini başlatır.

2017 ABD, UNESCO Dünya Biyosfer Koruma Alanları Ağından 17 sit alanını geri çeker ama başka yerlerde 23 yeni sit alanı eklenir.

20. yüzyılın ikinci yarısında insanlar ile doğal dünya arasındaki ilişkinin önemi konusunda artan bir küresel farkındalık oluştu. Bu, 1971'de Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütünün (UNESCO) İnsan ve Biyosfer Programını (MAB; Man and Biosphere Programme) başlatmasına yol açtı. Bu, çevresel bakımdan sürdürülebilir ve hakkaniyetli ekonomik kalkınmayı teşvik ederken doğal ekosistemleri korumayı amaçlayan hükümetlerarası bir programdır.

UNESCO, II. Dünya Savaşından sonra "eğitim, bilim, kültür, iletişim ve bilgi aracılığıyla barışın inşasını, yoksulluğun ortadan kaldırılmasını, sürdürülebilir kalkınmayı ve kültürlerarası diyaloğu" geliştirme amacıyla kuruldu. Haliyle insanlar ile çevre arasındaki ilişkiyi özenle inceleyecek konumdaydı.

Küresel ağ

Örgüt, Dünya Biyosfer Koruma Alanları Ağı (WNBR) olarak bilinen ve uluslararası kabul gören

İnsanoğlu ormansızlaştırma ve çarpık kentleşme gibi süreçlerle **çevreyi değiştiriyor.**

Bu tür **eylemlerin sonuçları** vardır.

Küresel MAB koruma alanlarından toplanan veriler, olabilecek sonuçların **bir resmini çizmeye** yardımcı olur.

MAB programı bugünün eylemlerinin yarının dünyası üzerindeki sonuçlarını öngörüyor.

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Ekosistem 134–137 ▪ İnsan ile doğanın barış içinde bir arada yaşaması 297 ▪ Yenilenebilir enerji 300–305 ▪ Çevre etiği 306–307 ▪ Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi 322–323

birçok koruma alanı oluşturarak başladı. Bunlar insani kültürel ve biyolojik çeşitliliğin nasıl karşılıklı birbirine yararlı olduğunu göstermeye ve insanların doğal çevreleriyle dengeli bütünleşmesini teşvik etmeye koyuldu. Doğal kaynakları çevrenin ve çevre sakinlerinin yararına etkili bir biçimde yönetmenin yollarını bulmaya da çalıştı.

Şu anda bütün dünyada bir dizi deniz, kıyı ve karasal ekosistemde ortak bilimsel ve kültürel araştırmaya bir platform sağlayan 650'den fazla sit alanı vardır. Program bu ağ aracılığıyla insan faaliyetinin biyosfer üzerindeki etkilerini izliyor, özellikle iklim değişikliğini inceliyor ve bilgi alışverişini geliştiriyor.

Yerel bilgi

MAB programı bir biyosfer koruma alanının birbiriyle bağlantılı üç işlevini kabul eder: çevre koruma, sürdürülebilir kalkınma, eğitim ve öğretimle destek. Bu hedeflere, koruma alanı içinde çekirdek yerleri korumak için bölgeler oluştururken eşzamanlı bir şekilde yerel sakinlerin uygun ve sürdürülebilir kalkınmasına yer sağlayarak ulaşılır.

Bu amaçla topluluklar koruma alanının yönetimine katılmaya, doğal kaynaklardan en iyi şekilde yararlanmak için alana ilişkin yerel bilgilerini kullanmaya teşvik edilir. Çevre konusunda halkı eğitme ve Dünya Ağında bilgi paylaşma düşüncesi bir bütün olarak projenin başarısının anahtarıdır.



Faslı kadınlar argan ağacının şifalı meyvelerini topluyor. Arganeraie Biyosfer Koruma Alanında bulunan bu ağaçlara yerel nüfus özenle bakıyor.

Çatışan fikirler

WBNR'nin sit alanları, uluslararası bilimsel önemi olmakla birlikte, çoğu kez ev sahibi devlet için de kültürel bakımdan önemlidir. UNESCO tarafından değil, ulusal hükümetler tarafından aday gösterilirler ve içinde oldukları devletin yetki alanında kalırlar. Statülerinin uluslararası tanınması o devletlerin Biyosfer Koruma Alanları üzerindeki haklarını etkilemez.

Son yıllarda bazı devletler belli sit alanlarını uluslararası değil, ulusal koruma alanı olarak yönetmeyi tercih etti ve bunları programdan çıkardı. Yine de bütün dünyada hükümetlerin programa aday gösterdiği sit alanlarında sürekli bir artış oldu. ▪

UNESCO

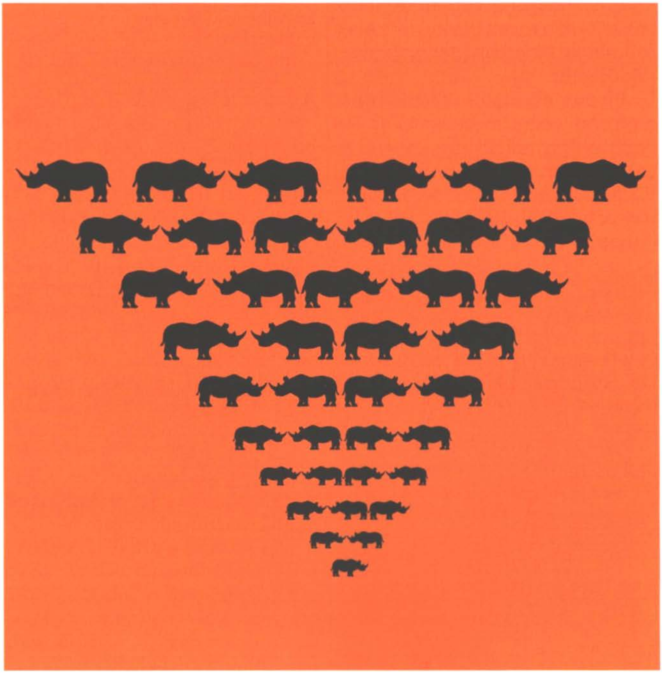
BM'nin Paris merkezli bir kuruluşu olan UNESCO,1946'da barış ve güvenlik için uluslararası işbirliğini teşvik etmek için kuruldu. Eğitim, bilim ve kültür yoluyla Birleşmiş Milletler Sözleşmesine uygun olarak kuruldu. Bugün 195 devlet örgüte üyedir.

UNESCO 1920'lerde Milletler Cemiyeti Uluslararası Entelektüel İşbirliği Komitesinin başlattığı ve II. Dünya Savaşının çıkmasıyla kesintiye uğrayan işi sürdürüyor. Bugün üyeler uluslararası eğitim ve bilim programlarına destek olarak hedeflerine ulaşmayı amaçlıyor. Bu programlar kültürel çeşitliliği teşvik ederken insan haklarını ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen ve koruyan projeleri içermektedir.

Örgüt en iyi, dünyanın çeşitlilik barındıran kültürel ve doğal mirasının olabildiğince çok yanını korumayı amaçlayan ve uluslararası kabul gören Dünya Mirası Sit Alanlarını belirlemesiyle tanınmaktadır.

BİR POPÜLASYONUN BÜYÜKLÜĞÜNÜ VE YOK OLMA İHTİMALİNİ ÖNGÖRME

POPÜLASYON YAŞAYABİLİRLİK ANALİZİ



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Mark L. Shaffer (1949–)

ÖNCE
1964 IUCN ilk tehdit altında olan memeli ve kuş türleri Kırmızı Listesini yayımlar.

1965 *The Destruction of California*'da çevrebilimci Raymond Dasman eyaletteki hızlı flora ve fauna kaybını gösterir.

1967 Robert MacArthur ve Edward O. Wilson'ın The *Theory of Island Biogeography* kitabı göçün ve soy tükenmesinin ada örüntülerini araştırır.

SONRA
2003 Fender mavi kelebeğinin popülasyon yaşayabilirlik analizi (PVA) ABD'de çevre koruma kılavuzu olarak kullanılır.

2014 ABD'de Sonoran Çölünde PVA araştırmaları kuşların ve sürüngenlerin iklim değişikliğine tepkisini değerlendirmeye yardımcı olur.

Popülasyon yaşayabilirlik analizi (PVA) ya da soy tükenme riski değerlendirmesi bir hedef tür popülasyonunun 10, 30 ya da 100 yıl, belirli bir süre varlığını sürdürme yeteneğine sahip olma olasılığını tahmin etmek için kullanılan bir işlemdir. PVA'nın temel bir özelliği, minimum yaşayabilir popülasyon büyüklükleri ve minimum habitat alanları tanımıdır – daha sonra koruma önceliklerine ilişkin kararları biçimlendirebilen bilgi.

Çevre korumacılar için bir alet

PVA bir türün tercihli habitatında uzun süre hayatta kalması için

Ayrıca bkz: Ekolojik esneklik 150–151 ▪ Klimaks topluluk 172–173 ▪ Metapopülasyonlar 186–187 ▪ Kitlesel yok oluşlar 218–223 ▪ Ormansızlaşma 254–259



Fender mavi kelebeği 1930'lardan sonra görülmedi ve 1989'da yeniden keşfedilene kadar soyu tükenmiş sayıldı. Tehlike altındadır ama küçük popülasyonlar ABD'de Kuzeybatı Oregon'da yaşıyor.

gerekli en az organizmayı hesaplamak için istatistik ile ekolojiyi birleştirir. Bu minimum sayı, türün ihtiyaç duyduğu uygun habitat miktarını da belirler. PVA hükümetlerle görüştüklerinde çevre korumacılar ve bir alana koruma statüsü verecek geliştiriciler için yararlı bir alettir. Bir PVA ile silahlanınca bir ormanı, fundalığı ya da sazlığı küçültmenin flora ve faunayı neden tehdit edeceğini kesin bir biçimde açıklayabilirler. Büyük bir türü destekleyecek kadar geniş bir alanı korumak aynı çevreyi paylaşan daha küçük birçok organizmanın da yararınadır.

Birçok yaratık yalnızca insan müdahalesinin en az olduğu çevrelerde hayatta kalabilir. Bu durum bakir ormanda yaşayan bazı baykuşlar, asitli fundalıkta yaşayan sürüngenler, hızlı akan, kirlenmemiş akarsularda yaşayan amfibiler gibi özel habitatlarda yaşayanlar için özellikle geçerlidir. Ne var ki insan nüfusu arttıkça bina, tarım, dinlenme yeri, yol ya da ormancılık için toprak talebi de sürekli artmaktadır. Bu baskı başka yerlere kolay uyum sağlayamayan ve taşınamayan türler için bir tehdittir. Uygun habitat "adalarına" zaten kapandıkları yerlerde, küçük bir çevresel hasar ya da insan müdahalesi onları yok olmaya doğru itmeye yeter.

Bozayıları sayma

1975'te Yellowstone Milli Parkında bozayıların sayısı azalıyordu. Tahminen yalnızca 136 ayı kalmıştı ve bu yalıtık popülasyon tehlike altında sayıldı. Mark L. Shaffer doktora araştırmasının bir parçası olarak coğrafi bakımdan yalıtık bu bozayı popülasyonunun uzun erimli sürdürülebilirliğini incelemeye başladı.

Popülasyon yaşayabilirlik analizinin öncülerinden Shaffer ayıların kaderini belirlediğini düşündüğü dört faktörü uyguladı. Birincisi, demografik stokastisiteydi (rasgelelik): sayı, yaş, cinsiyet, doğum ve ölüm oranlarında düzensiz, öngörülemez dalgalanmalar. Örneğin, bir popülasyondaki hayvanların ezici çoğunluğu erkekse üreme başarısı daha dengeli bir popülasyonda oldu-

> PVA'daki tek kesinlik, belirsizliktir. .
>
> **Steven Beissinger**
> ***Amerikalı çevre koruma biyoloğu***

Küçük popülasyonların savunmasızlığı

Yaşayabilir minimum bir popülasyon yalnızca ortalama koşullarda varlığını sürdürecek kadar değil, aşırı olaylara dayanacak kadar da büyük olmalıdır. Mark Shaffer bunu 50 yılda yalnızca bir kez gerçekleşen bir sel tipine dayanan ama yüzyılda bir olan yıkıcı bir sele dayanmayan bir su deposuna benzetir.

Küçük popülasyonlar, peş peşe gerçekleşen çoklu tehditlere karşı özellikle savunmasızdır. ABD'de, New England'da çayırtavuğu, koloni döneminde yaygındı ama besin ve spor amaçlı acımasız avlanma 1908'de çayırtavuğu sayısında dramatik bir azalmaya neden oldu. O yıl Martha's Vineyard adasında varlığını sürdüren son popülasyona koruma statüsü verildi. Ne var ki, 1916 üreme mevsiminde feci bir yangın, şiddetli geçen kışlar, soy içi üreme, hastalık ve kuşların ağır yırtıcılığı, hepsi birleşip çayırtavuğu popülasyonunu yaşayabilir bir düzeyin altına itti. 1927'de yalnızca iki dişi vardı ve 1932'de türün soyu tükendi.





Dişi bir bozayı ve yavruları Yellowstone'da yiyecek arıyor. Bir bozayının ömründe bir dişinin yaşam alanı 775-1.400 kilometrekaredir; bir erkeğinki ise 5.000 kilometrekareyi bulur.

ğundan daha az olur. İkincisi, çevresel stokastisiteydi: besin ve barınak bulunabilirliğini etkileyebilen habitat ve iklim değişikliği gibi çevresel koşullarda öngörülemez dalgalanmalar. Üçüncüsü, orman yangınları ya da su baskınları gibi doğal felaketlerdi. Shaffer'ın dördüncü faktörü, soy içi üremenin yarattığı sorunlar da dahil, genetik değişiklerdi. Bunlardan her biri için istatistiksel modelleme bir dizi olasılığı belirleyebilir.

Shaffer'ın 1970'lerde ve 80'lerdeki ilk araştırmalarından ve daha sonra yeni yönetim ve koruma stratejilerinden itibaren bozayılar kendi habitatlarını geniş Büyük Yellowstone Ekosistemi içinde yüzde 50'den fazla genişletti – merkezinde milli park bulunan 89.031 kilometrekarelik bir alan. 2014'te ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu görülen 119 dişi ve yavru ayıya dayanarak ekosistemde 757 civarında bozayı yaşadığını hesapladı. Ne var ki, 2018'de popülasyon 718 civarına düşmüştü ve popülasyon modelleyiciler Yellowstone'un maksimum taşıma kapasitesine –uygun bir habitat alanının geçindirebildiği en fazla hayvan sayısı– ulaşmış olabileceğini öne sürdü. 2017'de bozayılar kısa bir süre tehdit altında olan türler listesinden çıkarıldı ama 2018'de federal bir yargıcın kararıyla tekrar koruma altına alındı.

> Teknoloji, gezegenin biyolojik çeşitliliğini ve ona yönelik tehditleri daha yakından izlemeleri için bilim insanlarına ve politika yapıcılara giderek daha fazla olanak sağlıyor
>
> **Stuart L. Pimm**
> ***Amerikalı-İngiliz biyolog***

Araştırmalar nasıl tasarlanır?

Şimdi PVA araştırmaları birkaç şekilde yürütülmektedir. En basit tipi, kabaca ortalama bir büyüme eğilimini ve varyasyonları hesaplamak için uzun bir zaman diliminde bir popülasyonun tamamına bakan zaman serisi PVA'dır. Bu tür araştırmalarda bütün bireyler özdeş kabul edilir.

Demografik PVA'lar daha kesin ve ayrıntılı olma eğilimindedir. Bir popülasyonun içinde farklı yaş aralıkları için tahmini üreme ve hayatta kalma oranlarına dayanır. Bu tür analizler çok daha fazla veri gerektirir ve popülasyonun farklı kesimlerinin ihtiyaçları ve kırılganlığı konusunda fazladan bilgi verip ihtiyaç

Bir **popülasyonun tehlikede** olduğu **saptanır.**

Durumu değerlendirmek için bir **popülasyon yaşayabilirlik analizi** yapılır.

Popülasyona yönelik **tehditle mücadele** için bir **yönetim çözümü** bulunur.

Popülasyonun toparlanma şansı vardır.



California açıklarında Channel adalarının ada tilkilerinin sayısı 1990'ların sonunda 200'den azdı. 2015'te 5.000'den fazlaydı ama bir adada, bir alt popülasyon hâlâ risk altındadır.

olan yerin korunmasını sağlayabilir. Küçük, tehdit altındaki popülasyonlar için yaş aralıkları ve üreme oranlarıyla ilgili güvenilir bilgi çoğu kez bulunmadığı için, çevrebilimciler bir PVA yapmak için bazen aynı türün –ya da farklı ama benzer bir türün– diğer popülasyonlarına ilişkin verileri kullanır. Ne var ki, sonuçlar aynı alanda aynı türün popülasyonlarında bile değişkendir. 2015'te California körfezinde üç California denizaslanı kolonisine ilişkin bir araştırmada, diğer iki koloniyle ilgili tahminlerde bulunmak için bir koloniden "vekil" veriler kullanıldı; ikisinden biri için geçerli olduğu, diğeri için olmadığı anlaşıldı.

Fark yaratma

Yöntemler hâlâ geliştiriliyor ama PVA artık koruma biyolojisinin bir köşe taşı haline geldi. PVA'lar California'da ada tilkileri, Alaska'da susamurları, Oregon'da Fender mavi kelebekleri ve kuzey benekli baykuşları, Arjantin ve Avustralya açıklarında şişe burunlu yunuslar kadar değişik popülasyonlara uygulandı. Daha fazla değişkeni birleştiren daha etkili bilgisayar programlarının gelişmesiyle birlikte PVA gelecekte kuşkusuz daha etkili bir biçimde kullanılacaktır. Her soy tükenmesini öngörmek olanaksızdır ama PVA tehlike altında olan türleri saptamada ve popülasyon yaşayabilirliğini iyileştirmede ve risk altında bir türü korumada en etkili olması olası yönetim eylemlerini belirleme aletlerini sağlar. ■

Bir Japon araştırması

Japon kartavuğu Japon Alplerinde 2.500 metre yükseklikte yaşar. 2.000 kadar kuştan oluşan popülasyonu dağ zirvelerinde birkaç küçük topluluğa bölünmüştür. İklim değişikliği ve dağın daha yukarılarına çıkan yırtıcılar türün hayatta kalma endişesi doğurunca çevrebilimci Ayaka Suzuki ve ekibi, Norikura dağında bu kuşlar için minimum yaşayabilir popülasyon büyüklüğünü bulmaya koyuldu. Ekip bir sonraki üreme mevsimine kadar hayatta kalan dişi yavruların sayısı ve tüm kuşların yıllık hayatta kalma oranı da dahil, popülasyon büyüme verilerini topladı. Hesaplamaları her çiftten bir dizi yavru için değişkenleri içermekteydi.

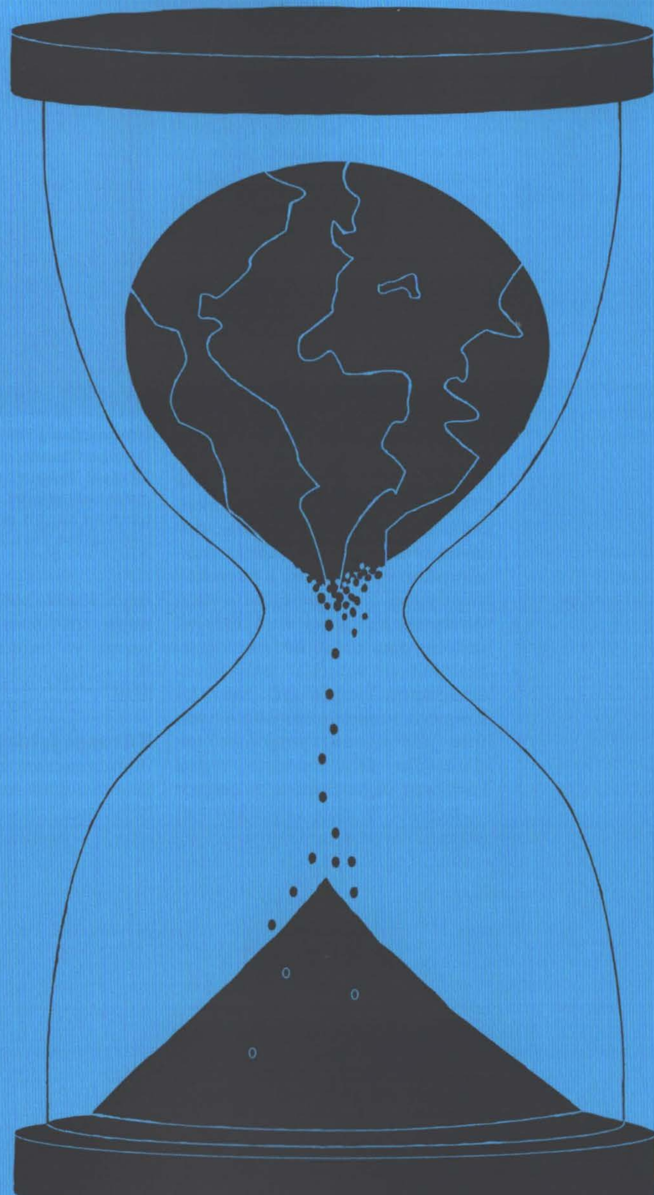
Bulguları, başlangıç popülasyonu yalnızca 15 olsa bile, sonraki 30 yılda soy tükenme riskinin görece düşük olduğunu gösterdi. Potansiyel bir sonuç şudur: Norikura dağı popülasyonu diğer dağlarda azalan popülasyonları tamamlayacak kadar güçlüdür.

> Popülasyon yaşayabilirlik analizi, özgül popülasyonlarda başlatılması gereken kurtarma çabalarının ne kadar acil olduğunu gösterebilir.
>
> **William F. Morris**
> ***Amerikalı biyolog***

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

BURADA GERÇEKLEŞİYOR. ŞİMDİ GERÇEKLEŞİYOR

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİ DURDURMA



KISACA

ÖNEMLİ KİŞİLER
Bert Bolin (1925–2007), **Intergovernmental Panel on Climate Change** (1988–)

ÖNCE
1955 Amerikalı bilim insanı Gilbert Plass daha yüksek karbondioksit (CO_2) yoğunluklarının daha yüksek sıcaklıklara yol açağı sonucuna varır.

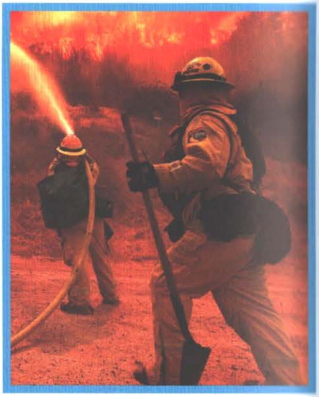
1957 Amerikalı bilim insanı Roger Revelle ve Avusturyalı fiziksel kimyacı Hans Suess okyanusların atmosferdeki fazla CO_2'yi emmeyeceğini kanıtlayan bir rapor yayımlar.

1968 İngiliz buzulbilimci John H. Mercer önümüzdeki 40 yılda Antarktika buz tabakasının çökmesi nedeniyle deniz seviyelerinde felaket bir yükselişi teorileştirir.

SONRA
2020 Paris Anlaşmasıyla yaratılan iklim değişikliğiyle mücadele planlarının uygulanacağı tarih.

Sanayi Devriminden beri insanlar artan karbondioksit (CO_2) salınımlarıyla dünyanın doğal çevresini değiştirmektedir. Toplumlar teknoloji bakımından daha fazla ilerledi ama bu teknoloji –kömürle çalışan trenlerden, gemilerden ve fabrikalardan petrolle çalışan arabalara ve uçaklara kadar– doğal dünyayı ve onun içinde yaşayan türleri olumsuz etkiledi. Bilim insanları iklim değişikliğinin insan kaynaklı nedenlerinin daha fazla farkına varınca bu fenomeni incelemek ve insanlığın hasarı tersine çevirmese bile durdurma yollarını önermek için küresel araştırma grupları oluştu.

İklim değişikliğinin etkileri çeşitlidir. Atmosferde daha fazla CO_2 küresel ısınma yaratırken kutuplardaki buz tabakasının erimesine, okyanusların ısınıp yükselmesine ve daha sıcak okyanuslara uygun olmayan türlerin ölüp yok olmasına neden olur. Küresel hava durumu örüntüleri de değişiyor: Kuzey Atlantik bölgesinde kasırgaların yoğunluğu arttı ve arkasında yıkım ve ölüm bırakıyor. Kuru bölgelerde yangınlar ve kuraklıklar daha sıklaştı; soğuk iklimlerde kışlar daha ağır geçiyor ve tropikal muson yağmurlarının etkilediği alanlar gibi, aşırı hava koşullarıyla bağlantılı felaketlere zaten açık olan bölgeler özellikle yaşam ve habitat kaybı bakımından en büyük serpinti olarak görülüyor.



İtfaiyeciler 2018'de California Orange County'yi mahveden "Kutsal Yangın"ın alevleriyle mücadele ediyor. Yüksek sıcaklıklar uzun ve zor bir orman yangını mevsimine yol açtı.

Küresel işbirliği

Bilim insanları, İsveçli bilim insanı Svante Arrhenius fosil yakıt yakan insanların küresel ısınmayı artırdığını öne sürdüğü 1896'dan beri,

Doğal nedenler:
- Volkan püskürmeleri
- Kayan levha tektoniği
- Okyanus akıntıları

İnsan kaynaklı nedenler:
- Ormansızlaşma
- Çiftçilik pratikleri
- Fosil yakıt yakma
- Sanayi salınımları

... atmosferde karbondioksit miktarının artmasına yol açıp iklim değişikliğine neden olur.

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Ormansızlaşma 254–259 ▪ İnsan ve Biyosfer Programı 310–311 ▪ Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi 322–323 ▪ İklim değişikliğinin ekonomik etkisi 324–325

insan eylemlerinin iklim değişikliğine katkıda bulunduğunun farkındaydı. Ne var ki, 1970'lere kadar hükümetler bu bilgiye uygun hareket etmedi. Ancak 1970'lerde dünyanın genelinde iklimbilimcilerin kasvetli görüşlerini paylaşan yeni yayınlar ve makaleler sayesinde genel kamuoyu iklim değişikliği gerçekliğinin farkına varmaya başladı.

İklim değişikliğini durdurmaya ya da geciktirmeye yönelik uluslararası çabalar, 1972'de İsveç'te, Stokholm'de toplanan ilk Birleşmiş Milletler çevre konferansıyla başladı. Konferans diğer çevre konularına –kirlilik ve yenilenebilir enerji gibi– kıyasla iklim değişikliğine çok az ilgi gösterdi ama Birleşmiş Milletler Çevre Programını (UNEP; United Nations Environment Programme) yarattı – ekosistem yönetimi, doğal afet yardımı ve kirlilik karşıtı faaliyetler gibi çevre politikalarını ve programlarını denetleyecek bir kuruluş. UNEP iklim değişikliğine karşı BM çabalarını koordinasyonundan sorumlu oldu.

> ... insanlar şimdi, geçmişte gerçekleşmesi olanaksız türden bir geniş ölçekli jeofiziksel deney gerçekleştiriyor.
>
> **Roger Revelle ve Hans Suess**

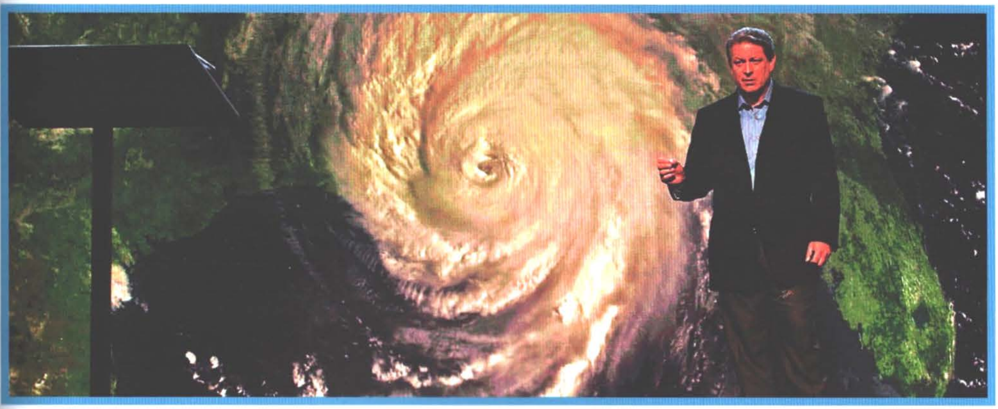
1987'de BM üyeleri Montreal Protokolünü kabul edip ozon azaltan maddeleri kullanmaya son vererek Dünya'nın ozon tabakasını korumaya da söz verdiler. Tüm BM üyelerince imzalanan anlaşma özel olarak iklim değişikliğiyle mücadele için tasarlanmamasına rağmen sera gazı salınımlarını azalttı.

IPCC'nin yaratılması

1988'de iki Birleşmiş Milletler örgütü, UNEP ve Dünya Meteorolji Örgütü (WMO; World Meteorological Organization) Cenevre'de Uluslararası İklim Değişikliği Panelini (IPCC) kurdu. İsveçli meteorolog Bert Bolin –IPCC'nin yerini aldığı Sera Gazları Danışma Grubunda çalıştı– panelin ilk başkanıydı.

IPCC insan faaliyetiyle bağlantılı iklim değişikliğine küresel ölçekte eşgüdümlü bir yanıt işlevi görmesi için yaratıldı. İklim değişikliği konusunda esas antlaşmayı, 1992'de Brezilya'da, Rio de Janeiro'da toplanan Dünya Zirvesinde imzalanan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesini desteklemek için bilimsel araştırmalara dayanan raporlar yayımlar. IPCC'nin çalışmaları iklim değişikliğinin bir sonucu olarak insanlara ve çevreye yönelik tehditleri anlamalarına yardımcı olmak için dünyadaki hükümetleri iklim değişikliği araştırma-

***Uygunsuz Gerçek*, eski ABD Başkan Yardımcısı Al Gore'un iklim değişikliği üzerine bir 2006 belgeseli, iklim değişikliğinin nedenleri ve etkileri konusunda kamuoyunu eğitmeyi amaçladı.**



larının özetlerini sunan Politika Yapıcılara Özet (SPM; Summary for Policymakers) yayımlamayı da kapsar.

Kyoto planı

IPCC'nin kuruluşundan dokuz yıl sonra 1997'de BM üyeleri küresel karbon salınımlarına ilişkin mevzuatı iyileştirmeye çalışan Kyoto Protokolünü imzaladı. Bu protokol ülkeler arasında insanların dünyanın ekosistemlerini olumsuz etkilemesini durduracak düzeye indirmek amacıyla sera gazı salınımlarının ülke bazında azaltılmasını zorunlu kılan ilk anlaşmaydı.

Kyoto Protokolü 1997'de imzalanmasına rağmen 2005'e kadar yürürlüğe girmedi. 2012'de ilk taahhüt döneminin sonunda bütün imzacı ülkeler, hedeflerine ulaşamadığı için protokolden çekilen Kanada hariç, hedefine ulaşmıştı. Avustralya da salınımları azaltamadı ama ilk dönemde hedefi yüzde 8 olarak olarak belirlendi. Pek çok ülke, çok yüksek bir hedef belirleyen (1990 düzeyinden yüzde 30-40'lık bir düşüş) Norveç hariç, 2020 hedefini gerçekleştirme yolundadır.



2009'da iklim değişikliğine is held arşı eylem çağrısında bulunmak için Maldivler'de su altında bir kabine toplantısı yapılır. Deniz seviyesinin yükselmesi ülkelerin sonunda okyanuslar tarafından yutulması anlamına gelebilir.

Paris ve gelecek

Kyoto Protokolü ülkeler için 2005'ten 2020'ye kadar gerçekleştirecekleri hedefler belirledi. 2020'den sonra imzacı ülkeler yeni bir protokole uymaya başlayacak: Paris Anlaşması. Kasım 2016'da, iklim değişikliği konusunda onyıllardır yapılan daha saldırgan bir küresel kararlılık çağrılarından sonra Anlaşma UNFCCC üyesi 195 ülke tarafından New York City'deki BM karargâhında imzalandı. Kyoto gibi Paris Anlaşmasının öncelikli amacı da sera gazı salınımlarını üzerinde anlaşılan düzeylere indirmekti.

Suriye'nin 2017'de Paris Anlaşmasını imzalama kararıyla birlikte Amerika Birleşik Devletleri dünyada anlaşmada yer almayan tek ülke oldu. ABD başlangıçta Barack Obama'nın başkanlığı döneminde anlaşmayı imzaladı ama yerine geçen Donald Trump, Amerik Birleşik Devletleri'nden çok, diğer ülkelerden az istediğini iddia ederek anlaşmayı reddetti. Bu karar diğer imzacılara darbe vurdu; ABD iklim araştırmalarını fonlayacak bol servete sahip olmanın yanı sıra aynı zamanda dünyanın en büyük ikinci sera gazı salıcısıydı. Başkan Trump iklim değişikliğinin doğal

İklim değişikliğinin inkârı

Dünyada bilim insanlarının çoğunluğu iklim değişikliğinin insan kaynaklı bir fenomen olduğu ve acil müdahale gerektirdiği konusunda hemfikir olmasına rağmen dünyanın en güçlü birçok ülkesinde iklim değişikliği inkâr edilmektedir. Birçok bilgin iklim değişikliği olgularına muhalefete bir "inkâr makinesi" dedi; burada gevşek çevre yönetmeliklerinden yararlanan sanayiler ve muhafazakâr medya iklim değişikliği bilimiyle ilgili bir belirsizlik ve kuşku ortamı yaratıyor. Kuşkuculuğun bir kısmı, bilim insanlarının tahminlerinin çok telaşçı olduğunu ve küresel ısınmanın öngörülenden daha yavaş gerçekleştiğini öne sürenlerden geliyor. Bazıları iklim değişikliği düşüncesini bir şaka olarak görüyor ve küresel ısınmanın insan davranışının bir sonucu değil, gezegenin doğal bir döngüsü olduğunu iddia ediyor. Nedeni ne olursa olsun, bazı politika yapıcıları ve iş dünyası lideleri arasında iklim değişikliğinin inkârı IPCC ve bilim insanlarının çürütmeye devam ettikleri bir tutumdur.

bir fenomen olduğuna ve insan davranışlarında önemli değişiklikler olmadan dünyanın bundan "geri dönebileceğine" inandığını söyleyerek tutumunu netleştirdi.

Diğer ülkeler de Paris Anlaşmasıyla ilgili kaygılarını dillendirdi. 2017'de anlaşmaya taraf olan Nikaragu hükümeti anlaşmayı yeterince ileri gitmemekle eleştirdi ve karbon salınımlarını küresel iklim felaketini önleyecek kadar hızlı azaltmayacağını savundu. Paris Anlaşması, imzalayan ülkelerin anlaşma koşullarına uymasını sağlayacak bir mekanizmasından da yoksundur.

Umutsuz önlemler

Paris Anlaşmasının koşullarına göre ülkeler birlikte çalışıp ortalama küresel sıcaklık artışını sanayi öncesi düzeyin 2°C altına düşürmelidir. Anlaşma daha da ileri gitmeye çalışarak artışı yalnızca 1,5°C'yle sınırlanması gerektiğini öne sürüyor. 2016'da Earth System Dynamics dergisinde yayımlanan bir araştırmada iklimbilimci Carl-Friedrich Schleussner ve araştırma arkadaşları 1,5°C'lik bir artış şu anda yaşanan en yüksek sıcaklıkları yansıtan küresel bir

> Hükümetlere epeyce zor seçenekler sunduk. 1,5°C'yi tutturmanın muazzam yararlarına işaret ettik.
>
> **Professor Jim Skea**
> ***Eş-başkan, IPCC çalışma grubu III***

Değişimin yükü



Paris Anlaşmasını, INFCCC'ye üye 195 ülke **imzaladı. Anlaşma gelişmiş ülkelere iklim değişikliğiyle tek başına mücadele etmek için gerekli fonlardan ya da kaynaklardan yoksun ülkelere yardım etme sorumluluğu yükledi.**

çevre yaratırken, 2°C'lik bir artışın insanların şimdiye kadar gördüğünden farklı "yeni bir iklim rejimi" başlatacağını öne sürdü.

Sonraki araştırmalar bu 1,5°C hedefini tutturmanın zor olacağını gösterdi. Paris Anlaşmasının görevlendirdiği IPCC 2018'de küresel ısınma üzerine bir Özel Rapor hazırladı. Bulguları endişe vericiydi. Dünya 1,5°C hedefine ulaşma yolunda olmaktan çok sanayi öncesi düzeyin 3°C üstüne yaklaşmaya doğru yol alıyor. Toparlanıp 1,5°C hedefini tutturmak, ülkelerin eşi görülmemiş ve zorlu önlemler almalarını gerektirecekti. Küresel insan CO2 salınımları, 2030'da 2010 düzeyinin yüzde 45 altına inmesi, 2050'de "net sıfır"a ulaşması, yani insanların atmosferden eşit miktarda CO2 uzaklaştırmadan salınım yaratmaması gerekecekti.

IPCC'nin 2018 raporu, CO2 salınımlarını düşürmede kendi paylarına düşeni yapmaları için bireylere de seslenir. Toprak kullanımı, enerji, kentler ve sanayi IPCC'nin değişikliğin zorunlu olduğunu öne sürdüğü başlıca alanlardır: İnsanlar elektrikli arabaları tercih etmelidir, daha fazla yürümeli ve bisiklet kullanmalıdır, sera gazlarının önemli bir bölümünü uçaklar ürettiği için uçakla daha az yolculuk yapmalıdır. IPCC insanları daha az et, süt, peynir ve tereyağı satın almaya da teşvik ediyor çünkü bu ürünlere azalan talep, et ve süt ürünleri işleme sanayilerinin salınımlarının düşmesine yol açacaktır. Kyoto ve Paris gibi küresel anlaşmalar konuşmalara egemen olmakla beraber CO2 salınımlarını düşürmek için her tür yöntemi kullanmak gerektiği artık nettir. ■



DÜNYA NÜFUSUNU SÜRDÜRME KAPASİTESİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR BİYOSFER İNİSİYATİFİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Jane Lubchenco (1947–)

ÖNCE
1388 İngiltere Parlamentosu kanal ve ırmak gibi kamusal suyollarına atık atmayı yasaklar.

1970'ler İngiliz bilim insanı James Lovelock ve Amerikalı mikrobiyolog Lyn Margulis, Gaia hipotezini geliştirir.

SONRA
1992 Kanadalı çevrebilimci William Rees insanın çevre üzerindeki etkisini tarif etmek için "ekolojik ayak izi" kavramını tanıtır.

2000 Nobel ödüllü Hollandalı Paul Crutzen Dünya'nın Antroposen, yani "İnsan Çağı" olarak bilinen yeni bir jeolojik döneme girdiği düşüncesini popülerleştirir.

Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi (SBI; Sustainable Biosphere Initiative) 1988'de, Amerika Ekoloji Derneğinin (ESA) sınırlı fon bulunabilirliğini göz önüne alarak, bilimsel araştırmaların neye öncelik vermesi gerektiğini saptama çabalarından doğdu. O sırada ekoloji alanı uygulamalı bilime –bilgiyi çağdaş çevre sorunlarına pratik çözümler geliştirmek için kullanmaya– doğru bir geçiş yaşıyordu. Amerikalı çevreci Jane Lubchenco SBI'ye öncülük etti ve bilim insanları çevresel bozulmayla mücadele etmek için yarışırken yararlı ekolojik bilgiyi teşvik edecek ESA'ya (ve diğerlerine) zemin hazırladı.

> SBI, ekolojik bilgi ile toplum arasındaki bağlantıları anlamada ve ilerlemede iyileşmeyi teşvik etti
> **Jane Lubchenco**

Gezegene öncelik vermek

SBI'den bilim insanları ekoloji alanına yeni bir yol açtı ve gelecek yıllarda hangi araştırma alanlarının en önemli alan olacağını belirledi. Üç araştırma alanını öncelikli kılmaya çalıştılar: küresel değişim, biyolojik çeşitlilik ve sürdürülebilir ekolojik sistemler. Küresel değişim araştırmaları atmosfere, iklime, toprağa, suya (kirlenme kaynaklı değişiklikler dahil), toprak ve su kullanım örüntülerine bakıyor. Biyolojik çeşitlilik araştırmaları tehlike altında olan türlerin korunmasına, genetik ve habitat çeşitliliğinde meydana gelen doğal ve insan yapımı değişikliklerin incelenmesine odaklanır. Son olarak, sürdürülebilir ekolojik sistemler araştırması, bilim insanlarının ekosistemlerde saptadıkları streslere çözüm bulmaları için insanlar ile ekolojik süreçler arasındaki etkileşimleri analiz eder.

SBI bu tür araştırmaların fon ihtiyacını vurguladı ve bulguları bilim topluluğunun dışında olanlarla paylaşmının önemine ışık tuttu. Yalnızca yeni bilgi edinmeyi değil, bilgiyi iletme ve gerçek dünya

Ayrıca bkz: Ekosistem 134–137 ▪ Kaotik popülasyon değişimi 184 ▪ Gaia hipotezi 214–217 ▪ Aşırı avlanma 266–269 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321 ▪ İklim değişikliğinin ekonomik etkisi 324–325 ▪ Atık yönetimi 330–331

politikası değişiklikleriyle bütünleştirmeye yardım etmeyi de kapsayan bir uygulamalı ekolojik araştırma süreci başlattı.

Araştırmanın geleceği

Lubchenco ve meslektaşları, SBI'yi hem bir misyon ifadesi olarak hem ekolojik araştırmanın daha fazla fonu ve ilgiyi neden hak ettiğine dair bir argüman olarak yarattı. Raporları 1991'de *Ecology* dergisinde "Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifi: Bir Ekolojik Araştırma Gündemi" olarak yayımlandı. Bilim dünyasında iyi karşılandı ve küresel düzeyde kullanıma uyarlandı – önce 1991'de Meksika'da geliştirilen Uluslararası Sürdürülebilir Biyosfer İnisiyatifinde ve ardından 1992'de Brezilya, Rio de Janeiro'da Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesinde benimsenen eylem planı Gündem 21'de.

1991'den beri SBI ve raporu bir çevrebilimciler kuşağını etkiledi, gündemini ilerletmek için yeni fon ve işbirliği kanalları açtı, komiteler oluşturdu, atölyeler kurdu ve raporlar çıkardı. SBI ekolojiyi kamuoyunun gündemine soktu ve bugün çevrebilimciler, danışma kurullarında yer alıyor, hem şirket hem de hükümet politikalarını etkiliyorlar.

Bu tür iyileşmelere rağmen Lubchenco yapılan değişikliklerin gezegenin karşı karşıya olduğu büyüyen tehlikelerin hızına ayak uydurmadığına inanıyor. 2013'te yaratılan ESA'in Dünya Koruyuculuğu İnisiyatifi gibi yeni kampanyalar, SBI'ın çalışmaları üzerinde yükseldi. İzleyen yirmi yılda daha büyük değişiklik yaratmayı umuyorlar; böylece sürdürülebilir kalkınma, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını feda etmeden insanların şimdiki ihtiyaçlarını karşılayabilir. ▪



Rüzgâr türbinleri, genç öğrencilere açıklanıyor. SBI insanların biyosferi nasıl idare edeceklerini ve ayakta tutacaklarını öğrenebilmesi için okullarda ve üniversitelerde ekolojik eğitimi savunuyor.

Jane Lubchenco



Övülen bir çevrebilimci ve deniz çevrebilimcisi Jane Lubchenco, Colorado, Denver'de büyüdü. Colorado College'da biyoloji alanında lisans derecesi aldı ve ardından zooloji dalında master yaptı. Devamında Harvard'da deniz ekolojisi alanında doktora yaptı. Araştırmaları insanlar ile çevre arasındaki etkileşimlere odaklanır; biyolojik çeşitliliğe, iklim değişikliğine ve okyanus sürdürülebilirliğine özel önem verir.

2009'dan 2013'e kadar Ticaret Bakanlığında Okyanuslar ve Atmosfer Müşteşarlığı ve Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi (NOAA) Başkanlığı yaptı. NOAA'nın ilk kadın ve ilk deniz çevrebilimcisi başkanıydı. 2011'de Lubchenco halkı aşırı hava durumlarına hazırlamak için Hava Durumuna Hazır Ulus (Weather-Ready Nation) projesinin yaratılmasını yönetti.

Önemli eserler

1998 "Entering the century of the environment: a new social contract for science", *Science*
2017 "Delivering on science's social contract", *Michigan Journal of Sustainability*



DOĞAL ÇEVREYLE KUMAR OYNUYORUZ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİSİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
William Nordhaus (1941–)

ÖNCE
1993 *Reflections on the Economics of Climate Change* kitabında William Nordhaus, iklim değişikliğini ve ekonomiyi kuşatan konuları özetler, belirsizliklere ve potansiyel çözümlere ışık tutar.

SONRA
2008 *Common Wealth: Economics for a Crowded Planet* kitabında Jeffrey Sachs, insanlığın ürkütücü ekonomik krizlerle –iklim değişikliği krizi de dahil– karşı karşıya olmasına rağmen bunlarla başa çıkacak bilgiye sahip olduğunu savunur.

2013 *İklim Kumarı: Isınan Dünyada Risk, Belirsizlik ve İktisat* kitabında William Nordhaus küresel ısınmanın dünya ekonomisiyle ilgisini açıklar ve etkisini azaltmak için fikir verir.

İklimbilimi, belirsiz bir bilimdir. Doğal döngülerin yanı sıra insan eylemlerine ve yeni teknolojiye dayalı olarak gelecek projeksiyonları değişecektir. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin mali etkilerini değerlendirmek yaşamsal önemdedir. Potansiyel maliyetler anlaşılınca doğrudan etkilerini hafifletmenin yollarını araştırabiliriz. Yalnızca doğrudan maliyetleri –taşkınlardan ya da yangınlardan ötürü mala gelen zarar gibi– değil, biyolojik çeşitlilikte azalma, habitat yıkımı, büyüme mevsimlerinde kayma ve zorunlu insan göçü gibi daha genel etkilerle ilişkili maliyetleri de irdelemek gerekir.

Maliyeti sayma

Karbonun toplumsal maliyeti (KTM) atmosfere salınan fazladan her ton karbondioksidin insan toplumuna verdiği zararın parasal bir tahminidir. Bu zararlar tarımsal



2018'de Kenya, Lamu'da kömürle çalışan bir enerji santralinin yapımına karşı çıkan protestocular. Ekolojik hasara ilişkin artan farkındalık halk itirazında bir artışa neden oldu.

Ayrıca bkz: Yenilenebilir enerji 300–305 ▪ İnsan ve Biyosfer Programı 310–311 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321

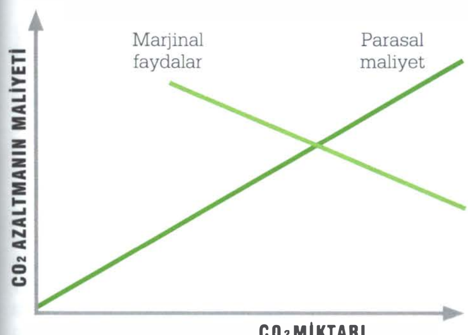
verimde azalmayı, altyapıya zararı, enerji maliyetlerini ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini içerir. KTM enerji politikası için bir başlangıç noktası sağlar. Örneğin KTK yeni bir enerji santrali önerilerinde hesaba katılırsa yapım maliyeti daha yüksek olur. Bu, alternatif enerji biçimlerinin –Güneş ya da rüzgâr enerjisi gibi– maliyetini mali bakımdan daha uygun hale getirebilir. Bununla birlikte, KTM'yi hesaplamak son derece zordur.

Öngörü modelleri

Ekonomistler KTM'yi hesaplamak için birkaç model kullanır. 1999'da William Nordhaus, RICE (Bölgesel Tümleşik İklim-Ekonomi) modelini –küresel ısınmayı yavaşlatmanın maliyetlerini ve yararlarını tartan DICE (Dinamik Tümleşik İklim-Ekonomi) modelinin bir çeşidi– geliştirdi. RICE modeli karbon salınımlarını, atmosferdeki karbon yoğunluklarını, iklim değişikliğini, zararları ve salınımları azaltmak için yürürlükte olan denetimleri bütünleştirir. Model, çözümler için dünyayı ayrı bölgelere ayırır. 2055'te birleşik TKM'nin, ısınma oranına ve uygulanan hafifletme politikalarına bağlı olarak salınan karbondioksidin tonu başına 40 ila 188 dolar olacağını öngörüyor.

Ekonomik modeller, indirim oranı gibi varsayımları birleştirir. İndirim oranları gelecek yerine şimdiye öncelik verir çünkü gelecek kusursuz bir biçimde öngörülemez. Oran, şimdiki ve gelecekteki öncelikler arasındaki dengenin nasıl tartıldığına bağlı olarak seçilir. Yüksek indirim oranları gelecekte nüfusun daha zengin, iklim değişikliğiyle uğraşmaya hazır olacağını gösterir. Düşük indirim oranları iklim değişikliğinin neden olduğu bozulmanın gelecekte insanları bugünkünden daha yoksul yapacağına işaret eder. Nordhaus yüzde 3'lük bir indirim oranı öneriyor; yani iklim değişikliğinden kaynaklanan parasal zarar 2100'de 5 trilyon dolar olacaksa bundan sakınmak için bugün 382 milyar dolar yatırım yapabiliriz. ▪

Karbondioksidi azaltmanın maliyet analizi



Karbondioksidi azaltmanın maliyeti miktarla birlikte artar, ama bu, elde edilen yararlarla dengelenir. Çizgiler, en düşük maliyetle maksimum yarar elde edildiği denge noktasında kesişir.

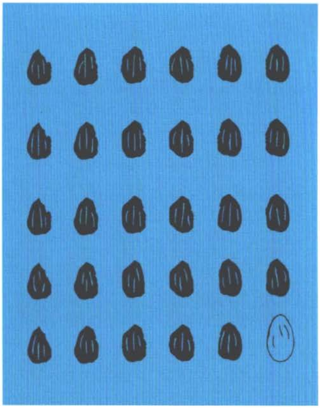


William Nordhaus

1941'de Amerika, New Mexico'da doğan Nordhaus iklim değişikliği iktisadı alanında bir liderdir. Bir ofisi bir iklimbilimciyle paylaşması üzerine bu araştırma alanına rastladı. Nordhaus'un ekonomik teorileri –DICE ve RICE modelleri– politika kararlarını değerlendirmek için yaygın bir biçimde kullanılır. Nordhaus esas olarak karbona gerçekçi bir fiyat koymakla ilgilendi. Bugün karbonun toplumsal maliyetinin ton başına 40 dolar civarında olduğu kabul edilir ama Nordhaus'un modelleri, iklim değişikliğinin etkilerini hesaba katmak için daha yüksek olması gerektiğini gösteriyor. Nordhaus Yale Üniversitesinde iktisat profesörüdür ve Kongre Bütçe Ofisi Ekonomik Uzmanlar Kurulunda ve Brooking Ekonomik Faaliyet Kurulunda çalışmaktadır. 2018'de Nordhaus, Nobel Ekonomi Ödülünü kazandı.

Önemli eserleri

1994 *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*
2000 *Warming the World: Economic Models of Global Warming*



TEK ÜRÜNLÜ TARIM VE TEKELLER, TOHUM HASADINI MAHVEDİYOR

TOHUM ÇEŞİTLİLİĞİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Vandana Shiva (1952–)

ÖNCE
1966 IR8 olarak bilinen yeni bir yüksek verimli pirinç türü, pirinç yetiştiricisi birçok ülkede üretimde büyük artışa yol açar. İlk kez Filipinler'de geliştirilen bu pirince "mucize pirinç" de denir.

SONRA
1994 Dünya Ticaret Örgütü, Ticaretle Bağlantılı Fikri Mülkiyet Hakları (TRIPS) anlaşmasını tanıtır.

2004 Monsanto şirketinin Nap Hal olarak bilinen bir Hint buğdayı türüne ilişkin patenti, ürünü geliştiren çiftçiler protestolarından sonra iptal edilir.

2012 Hint inisiyatifi Navdanya International gıda egemenliğini ve güvenliğini korumak için dünya çapında Tohum Özgürlüğü kampanyasını başlatır.



1987'de Hindistanlı çevreci Vandana Shiva tarımdaki ve gıda üretimindeki değişikliklere yanıt olarak yerli tohum çeşitliliğini korumak için bir kampanya başlattı. Genetik mühendisliği tehdidine ve patentlere karşı tarımsal biyolojik çeşitliliği korumak için hükümet dışı bir örgüt, Navdanya'yı kurdu.

Tarımsal biyo-çeşitlilik

Tarımsal biyolojik çeşitlilik binlerce yıl içinde yaban hayatından alınan bitki ve hayvanların seçici olarak yetiştirilmesinin sonucudur. Bu pratikler farklı ürün ve evcil hayvan soylarının olağanüstü biyolojik çeşitliliğine yol açtı. Örneğin, Oryza cinsi bir ot ilkin 8.200 ila 13.500 yıl önce Asya'da pirinç için yetiştirildi; bugün bu pirincin 40.000'den fazla çeşidi vardır. Biyolojik çeşitliliğin özünde, hasadı yapılmayan ve üretimi destekleyen birçok tür vardır. Bunlar arasında topraktaki mikroorganizmalar zararlı böceklerle beslenen türler ve polenleyiciler vardır. Çağlar boyunca milyonlarca çiftçinin becerisi ve bilgisi bu biyolojik çeşitliliği şekillendirdi.

1960'ların sonundan itibaren gelişmekte olan dünyaya aktarılan

California pirinç üretimi yüksek verimlidir ama toprağın tuzluluğuyla ilgili sorunlar vardır. Tuz toleransı genetik olarak sağlanabilir ama geleneksel pirinç çeşitleri doğal olarak tuza dirençlidir.

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Pestisitlerin mirası 242–247 ▪ İnsanın doğaya egemenliği 296 ▪ Ekosistem hizmetleri 328–329

> Tohum patentleri köylülerin ... ve çiftçilerin bizzat varlığını ve özgürlüğünü tehdit etmektedir...
> **Vandana Shiva**

teknoloji kimyasal gübreler, pestisitler, ot öldürücüler, makineleşme ve daha verimli sulama ile birlikte yüksek verimli tahıl çeşitlerini de içermekteydi. "Yeşil Devrim" olarak bilinen bu dönüşüm gelişmekte olan dünyada tarımın odağını biyolojik çeşitlilikten yüksek verime kaydırdı. "Mucize pirinç" (IR8) gibi yeni Yeşil Devrim ürünleri üretimi artırdı ama olumsuz bir yanı da vardı. Daha az sayıda verimli çeşide önem verildikçe tahılların, patateslerin, meyvelerin, sebzelerin ve pamuğun geleneksel tohum çeşitlerinin genetik temeli geriledi.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarımsal ürün biyolojik çeşitliliğinin yüzde 75'inin dünya tarlalarından uzaklaştığını tahmin ediyor. Bazı çevreciler geleneksel çeşitlerin, yüksek verimli yeni çeşitlerden daha fazla yerel çiftçilik koşullarıyla bağdaşır, çiftçiler için kullanımı daha ucuz ve çevresel bakımdan daha sürdürülebilir olduğunu savunuyor. Ayrıca yeni çeşitlerin birçoğu onları yaratan şirketler tarafından patentlidir. Ticaret anlaşmaları, kimin neyi kullanabileceği konusunda düzenlemeler dayatır. Bu yönetmelikler küçük ölçekli çiftçilerin aleyhine, tohum üreten güçlü tarımsal şirketlerin lehine çalışır.

Tohum egemenliği

Shiva uygun tohum bulunamazsa kırsal çiftçilerin tehdit altında olduğunu savunur. Geleneksel olarak, pek çok küçük ölçekli çiftçi, tohumunu bir hasattan alıp diğerine saklar. Şimdi çiftçiler tohum satın aldıklarında –özellikle genetiği değiştirilmişse– çoğu kez tohumu saklamamaya razı olmak zorundadırlar. Her yıl bir şirketten tohum satın almak zorunda kalmak çiftçileri mali açıdan daha yoksul bırakabilir.

Shiva tohum çeşitlerinin patentini alan şirketlerin pratiğini "biyolojik korsanlık" diye eleştirdi ve "tohum egemenliği"ni desteklemek için Navdanya'yı kurdu. Bir tohum saklayanlar ve organik üreticiler ağıyla tarımsal biyolojik çeşitlilik kampanyaları yürütüyor; ve 100'den fazla topluluk tohum bankası –gen bankaları– tarımsal tohumların ve ender bitki türlerinin tohumlarının gelecekte kullanılmak üzere saklanmasına yardımcı oldu. ■



Yapay gübreler Hindistan'da –1,3 milyar nüfusundan ötürü gıda güvenliği önemlidir– tahıl üretimini büyük ölçüde artırdı ama kimyasallar aynı zamanda toprağın verimini de yok ediyor.



Vandana Shiva

Çevreci Vandana Shiva, Kuzey Hindistan'da doğdu. Annesi çiftçi, babası ormancıydı. Hindistan ve Kanada'da okudu, fizik felsefesi alanında doktora yaptı. Hindistan'a döndükten sonra, 1982'de Bilim, Teknoloji ve Ekoloji Araştırma Vakfını kurdu. 1984'te Bhopal pestisit fabrikası felaketinin ardından tarıma ilgisi arttı ve üç yıl sonra biyolojik çeşitliliği ve yerli tohumları korumak için Navdanya'yı kurdu. Shiva, Dünya Ticaret Örgütünün patentleri bitki ve hayvanları da kapsayacak şekilde genişleten Ticaretle Bağlantılı Fikri Mülkiyet Hakları (TRIPS) anlaşmasına karşı kampanya yürütüyor. Time dergisi 2003'te Shiva'yı Çevre Kahramanı ilan etti.

Önemli eserleri

1989 *The Violence of the Green Revolution*
2000 *Stolen Harvest: The Hijacking of the Global Food Supply*
2013 *Making Peace with the Earth*



DOĞAL EKOSİSTEMLER VE TÜRLERİ, İNSAN YAŞAMININ SÜRDÜRÜLMESİNE VE GERÇEKLEŞMESİNE YARDIM EDER

EKOSİSTEM HİZMETLERİ

KISACA

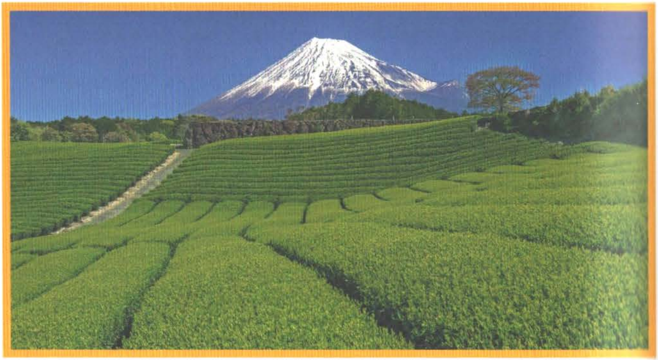
ÖNEMLİ KİŞİ
Gretchen Daily (1964–)

ÖNCE
MÖ y. 400 Yunan filozof Platon insanın doğa üzerindeki etkisinin farkındadır; ormansızlaşmanın toprağın erozyona uğramasına ve pınarların kurumasına neden olabildiğine dikkat çeker.

1973 Alman istatistikçi ve ekonomist E.F. Schumacher, *Küçük Güzeldir* kitabında "doğal sermaye" terimini türetir.

SONRA
1998 BM Çevre Programı, NASA ve Dünya Bankası gezegeni korumanın insan ihtiyaçlarına nasıl hizmet ettiğine ilişkin bir araştırma yayımlar.

2008 Berkeley, California Üniversitesinde bir araştırma dünyanın en zengin ülkelerinin yarattığı ekolojik yıkımın dünyanın en yoksul ülkelerine, gelişmekte olan dünyanın borçlarından daha fazla borçlu oldukları anlamına geldiğini gösterir.



Kutsal bir dağ olarak Fuji dağı Japon halkına kültürel bir ekosistem hizmeti sunarken, çevresindeki zengin volkanik toprak da yerel çay plantasyonlarına hizmet sunar.

İnsanların ekosistemlerden elde ettiği faydalara çevrebilimciler ekosistem hizmetleri diyor. İnsan yaşamının devamı için çok önemli olan doğal süreçlerden bazıları, ürünlerin polenlenmesi, atıkların ayrışması ve temiz içme suyunun bulunabilirliği gibi ekosistem hizmeti olarak sınıflandırılabilir. Çevrebilimcilere göre, ekosistem hizmetlerinin insan yaşamına muazzam katkıları kolay ölçülemediği için insanlar kâr amacıyla dünyanın doğal kaynaklarını sömürürken bu hizmetleri büyük ölçüde küçümsüyor.

İnsanların doğadan yararlandığı düşüncesinin uzun bir tarihi olmasına rağmen doğa ile insan ihtiyaçları arasındaki denge 1970'lere kadar ekolojik tartışmalarda öne çıkmadı. "Ekosistem hizmetleri" terimi ilk kez 1980'lerde ortaya çıktı ve 1997'de bu kavram iki önemli makalede geliştirildi: Gretchen Daily'nin hazırladığı "Ekosistem Hizmetleri: Doğal Ekosistemlerin İnsan Toplumlarına Sunduğu Yararlar" ve Amerikalı ekolojik ekonomist Robert Costanza'nın hazırla-

Ayrıca bkz: İnsan faaliyeti ve biyolojik çeşitlilik 92–95 ▪ Ekolojik esneklik 150–151 ▪ Gaia hipotezi 214–217 ▪ İnsanın Dünya'yı tahrip etmesi 299

> Şimdiki eğilimler devam ederse insanlar birkaç onyıl içinde dünyanın geriye kalan doğal ekosistemlerinin tümünü fiilen dramatik bir biçimde değiştirecektir.
>
> **Gretchen Daily**

dığı "Dünyanın Ekosistem Hizmetlerinin Değeri ve Doğal Sermaye". 2001'de BM Genel Sekreteri Kofi Annan, Milenyum Ekosistem Değerlendirmesini (MEA; Millennium Ecosystem Assessment) başlattı; 2005'te, insanların çevreyi nasıl etkilediğine ilişkin kapsamlı bir değerlendirme yayımlayınca ekosistem hizmetleri kavramının popülerleşmesine yardımcı oldu.

Dört tip hizmet

MEA'nın 2005 raporu ekosistem hizmetlerini dört kategoriye ayırdı: destek, tedarik, tanzim ve kültürel. Toprak oluşumu ve su arıtımı gibi destek hizmetleri diğer bütün hizmetlerin varlığına olanak verir. Tedarik hizmetleri şunlardan oluşur: Tatlı su, tarımsal ürün ve çiftlik hayvanı gibi besinler; ahşap, pamuk, inşaat ve giysi gibi insanın temel ihtiyaçları için kullanılan diğer mazmeleri içeren lifler; doğal ilaçlar ve eczacılıkta kullanılan bitkiler. Tanzim hizmetleri doğanın tarım zararlılarını kontrol etme yeteneğinin –insanların pestisit kullanmasına karşıt olarak– ve atmosferin doğal olarak kendini temizleme kapasitesinin yanı sıra sulak alanlar ve mangrov ormanları gibi doğal tamponlarla hava durumundan kaynaklı riskleri kontrol etme becerisini içerir. Polenleme de önemli bir tanzim hizmetidir – arı gibi polenleyicilerin küresel ölçekte azalmasıyla tehlikeye düşen bir hizmet. Kültürel hizmetler insanların kutsal ağaçlar, hayvanlar, ırmaklar ve dağlar gibi ekosistem öğelerine kültürel ya da manevi anlam vermeleriyle ilgilidir. Doğal bir manzaranın estetik ya da dinlence değeri de bir kültürel hizmet tipidir.

Ekosistem hizmetleri kavramı insanların doğaya nasıl kopmaz bir biçimde bağlı olduklarını ve doğal dünya olmadan insan varlığının nasıl olanaksız olduğunu görmelerini sağlar. Çevrebilimciler bu sistemlerin temel yaşam koşulları için ne kadar değerli olduklarını aydınlatmak; sanayileri, işletme ve hükümetleri ekolojik korumanın zorunluluğuna ikna etmek için bu kavramı kullanır. ■

> Havayı ve suyu, yabanı ve yaban hayatını koruma planları, aslında insanı koruma planlarıdır.
>
> **Stewart Udall**
> ***Amerikalı politikacı ve çevre korumacı***



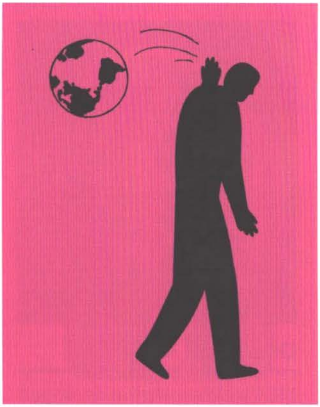
Gretchen Daily

1964'te Washington'da doğan Gretchen Daily genç yaşında ekolojiye merak sardı. Ailesi 1977'de Batı Almanya'ya taşındıktan sonra asit yağmuruyla ilgili ulusal bir krize tanık oldu ve sokaklarda çevresel bozulmayı protesto eden insanlar gördü. Daha sonra Daily, Stanford Üniversitesinde iki diploma almasının ardından biyoloji dalında doktora yaptı ve şimdi aynı üniversitede çevrebilimi profesörüdür.

Daily "kırsal biyocoğrafya" ya da doğanın imar için kullanılmamış ama yine de ekosistemleri insan faaliyetinden etkilenen bölümleri çerçevesinde biyolojik çeşitliliği araştırıyor. Çevreciliği işletme pratikleriyle ve kamu politikasıyla bütünleştirmeyi amaçlayan Doğal Sermaye Projesinin eşkurucusudur.

Önemli eserleri

1997 *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*
2002 *The New Economy of Nature: The Quest to Make Conservation Profitable*



BU GEZEGENDE SANKİ GİDECEK BAŞKA GEZEGEN VARMIŞ GİBİ YAŞIYORUZ

ATIK YÖNETİMİ

KISACA

ÖNEMLİ KİŞİ
Paul Connett (1940–)

ÖNCE
1970 ABD'de temiz atık yönetimi ve geri dönüşüm farkındalığını yükseltmek için ilk Dünya Günü kutlanır..

1988 ABD'de plastik eşya geri dönüşümünü teşvik etmek için Reçine Tanımlama Koduna geçilir.

1992 Rio Dünya Zirvesinde 105 devlet başkanı sürdürülebilir kalkınmaya bağlılığını bildirir.

SONRA
2010 Birleşmiş Milletler kaynak korumayı ve verimliliği teşvik etmek için Küresel Atık Yönetimi Ortaklığını başlatır.

2012 BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansında ana hatları çizilen hedefler arasında atık azaltma ve çevre dostu üretim yöntemleri de yer almaktadır.

2002'de en az 180 ülkeden 65.000'den fazla insan Birleşmiş Milletler Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesine katılmak için Güney Afrika'daki Johannesburg'a gitti. Zirvenin kararları arasında atığı en aza indirme, yeniden kullanımı ve geri dönüşü

20. yüzyılın son onyıllarında atığın yönetilemez boyutlara ulaşmakta olduğu netleşmişti. Sanayileşme, artan kent nüfusları ve artan plastik kullanımı dünyanın çöp yığınına katkıda bulunuyordu. Geleneksel olarak atıklar yakılır ya da gömülürdü – her ikisi de şimdi toksik sera gazı salınımlarıyla ilişkilendirilir ve çöplüklerin yeraltı suyunu zerihleme potansiyeli vardır. Dünyanın büyüyen atık yığınına çözüm başka yerde bulunmalıydı

> Kirlilik, hasat etmediğimiz kaynaklardan başka bir şey değildir. Değerlerini bilmediğimiz için saçılmalarına izin veriyoruz.
>
> **R. Buckminster Fuller**
> ***Amerikalı mucit ve mimar***

Geri dönüşüm devrimi

Yeniden kullanmak için geri dönüştürmek yeni bir kavrayış değil, ama aksi takdirde çöplüklere gidecek kamu atığı dağlarını küçültmenin bir yolu olarak kullanılması Greenpeace gibi örgütlerin kamuoyunu çevre sorunlarına daha duyarlı hale getirdiği 1960'lara ve 1970'lere dayanır. Yakın zamanda *Zero Waste* (2013; Sıfır Atık) kitabının yazarı Paul Connett gibi kampanyacılar, tüketimi azaltma ve eşyaları çöpe atmak yerine yeniden kullanma ya da geri dönüştürme çağrılarını yeniledi.

1970'lerden itibaren ABD'de birçok eyalet, pek çok Avrupa ülkesi ile Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda geri dönüştürülebilir öğeleri ayırıp ayrı kutulara koyma yöntemine geçti. İsveç özellikle aktif oldu. 1975'te İsveçliler çöplerinin yalnızca yüzde 38'ini geri dönüştürmekteydi ama bugün dünyaya örnek olup evsel atıkların

Ayrıca bkz: Küresel ısınma 202–203 ▪ Kirlilik 230–235 ▪ Çarpık kentleşme 282–283 ▪ Bir plastik çöplüğü 284–285 ▪ Yenilenebilir enerji 300–305

Bireysel eylemler atığı azaltabilir – gelişmiş dünyada aileler her yıl çöplüğe bir ton atık atar.

Plastik poşetleri ve aşırı paketlemeyi **reddet**. Ürünleri **büyük kaplarda** ya da paketsiz satın al.

Alışveriş yaparken **yeniden düşün**. Satın aldığın şeye **gerçekten ihtiyacın** var mı?

Yeniden kullanabildiğini **kullan** ya da kullanabilecek birisine **aktar.**

Kullanılamayanları **geri dönüştür** ki **yeni ürünlere** dönüştürülebilsin.

yüzde 99'unu geri dönüştürüyorlar. Bu atığın yaklaşık yüzde 50'si evlere ısı üreten geri dönüşüm tesislerinde yakılmakta. İsveç 32 çöp yakma tesisinde işlemek üzere diğer ülkelerden de atık ithal ediyor. 2015'te Norveç'ten, İngiltere'den, İrlanda'dan ve diğer ülkelerden 2,5 milyon ton atık ithal etti.

Elektronik "madenciliği"

En hızlı büyüyen atık tipi atılmış elektronik eşyadır. Mobil telefonlardan, bilgisayar sabit sürücülerinden, TV'lerden ve diğer elektronik eşyalardan çıkan e-atık 2014'te 46 milyon tona ulaştı – 2010'dakinden neredeyse yüzde 25 daha fazla. E-atıklar genellikle devre kartlarında kullanılan paladyum, altın, gümüş ve bakır gibi değerli metaller içerir. Çöplüklerde "madencilik" yapıp metal çıkarmanın doğal mineral yataklarından çıkarmaktan daha az maliyetli olabildiği gösterildi. Bununla birlikte e-atık kadmiyum, kurşun ve cıva gibi toksik metaller de içerir. E-atık hem üreten hem ithal eden ülkelerde metal için çöplük karıştırmak kirletici olabilir. Avrupa'da bir e-atık yeniden işleme sanayi bulunmakla birlikte, diğer yerlerde görece çok az etkili plan vardır.

Çok sayıda yeni inisiyatif var ama dünya Connett'in sıfır atık idealinden hâlâ çok uzaktır. Bireyler ve hükümetler hâlâ büyük bir meydan okumayla karşı karşıyadır: Tüketimi azaltmak ve yakında yılda 2,25 milyar tona ulaşacak küresel atığı geri dönüştürmek. ■

Çöplükten metan

Karbondioksitten sonra en hassas sera gazı metandır. Atmoferdeki yoğunluğu CO2'den düşük olmasına rağmen atmosferde ısı tutmada metan 25 kat daha güçlüdür. Atmosferdeki metan bataklık ve sulak alan gibi habitatlarda, bitkilerin çürümesi de dahil, çeşitli doğal kaynaklardan, çiftlik hayvanlarından, fosil yakıt kullanımından ve çöplüklerde çöplerin ayrışmasından gelir. İngiltere ve ABD de dahil birçok yerde çok sayıda çöplük metan toplayarak enerji üretiyor. Çöplük gazı atığın bileşimine ve çöplüğün yaşına bağlı olarak yüzde 60'a kadar metan içerir. Metan toplamak için çöplüğe yatay ve dikey borular yerleştirilir; sonra elde edilen gaz işlenir ve filtrelenir. Çoğu elektrik üretmek için kullanılır ama sanayide de kullanılabilir. Daha fazla işlemden geçirilip taşıt yakıtına da dönüştürülebilir.



Manila'da Payatas çöplüğünde metan çıkarılıyor – Filipinler'de, Birleşmiş Milletler programının bir parçası olarak gazı elektriğe dönüştüren ilk tesis.

REHBER

REHBER



Bu kitabın geçen bölümlerinde ele alınan bilim insanları dışında birçok erkek ve kadın ekolojinin gelişimine katkıda bulunmuştur. Bu kişiler kendi zamanlarının en büyük bilimsel düşünürleri arasında sayıldılar. Bazıları akademide çok başarılıyken bazıları yaşamın başka alanlarından geldi ama hepsi yeni yaklaşımlara öncülük etti. Bazıları da azimli kampanyalar yürüttü. Bir dizi disiplinde çalışmalarına rağmen hepsi Dünya'nın biyosferini, nasıl evrildiğini ve insanların yerini anlamamıza katkıda bulundu. Onların çalışmaları doğal dünyayı muhafaza etmek ve insan davranışının yıkıcı sonuçlarından korumak için ne yapılması gerektiğini göstermeye devam ediyor.

SAMUEL DE CHAMPLAIN
1574–1635

Fransız kâşif, haritacı, asker ve doğabilimci Champlain, Kanada'nın çoğunu araştırdı ve haritalandırdı. Quebec kentini ve New France kolonisini kurdu. Keskin bir gözlemci ve vakanüvis olarak hayvanları belgeledi; bitkiler hakkında, yaprakların ve meyvelerin ayrıntılarını da içeren notlar tuttu ve Yerli Amerikan halkının bunları nasıl kullandığını araştırdı.
Ayrıca bkz. Canlıları sınıflandırma 82–83

JAMES AUDUBON
1785–1851

Kuzey Amerika ornitolojisinin öncüsü olan Audubon, Haiti'de ve Fransa'da büyüdükten sonra 1803'te ABD'ye göçtü. Doğaya, özellikle kuşlara merak sardı ve yetenekli bir ressamdı. Resim tekniği alışılmadıktı: Bir kuşu vurduktan sonra ince bir tel kullanarak "doğal bir paz"da tutuyor ve arka planda hayvanın doğal habitatıyla birlikte onu resmediyordu. 1827 ile 1838 arasında The Birds of America'yı tefrika halinde yayımladı. Kitapta, altısının şu anda soyu tükenmiş olan 497 türün 435 renkli baskısı vardı. Audubon ayrıca daha önce tanımlanmamış 25 tür keşfetti ve hareketleriyle ilgili daha fazla şey öğrenmek için ip kullanarak kuşlara "halka taktı" – yani her bireysel kuşu tanımak için ayaklarına ip bağladı.
Ayrıca bkz. Hayvan ekolojisi 106–113

MARY ANNING
1799–1847

2010'da Royal Society, Anning'i bilim tarihini en fazla etkileyen 10 İngiliz kadından biri olarak gösterdi. Fosil toplayıcı ve paleonotolog olarak ün kazandı ve Dorset kıyısındaki falezlerde Jura dönemine ait tabakalardan olağanüstü fosil buluntuları arasında ilk kez doğru tanımlanan ihtiyozor, görece eksiksiz iki plesiozor ve Almanya dışından ilk pterozor bulunuyordu. Buluntuları Dünya'nın tarihiyle ilgili görüşlerin değişmesine yardımcı oldu, soy tükenmesine ilişkin güçlü kanıtlar sağladı.
Ayrıca bkz. Kitlesel yok oluşlar 218–223

CATHERINE PARR TRAILL
1802–99

Botanikçi ve üretken bir yazar olan Traill, İngiltere'de doğdu ve 1832'de evlendikten sonra Kanada'ya, şimdi Ontario olan yere göçtü. Orada bir yerleşimci olarak yaşamla ilgili yazılar yazdı. Özellikle *Canadian Wild Flowers* (1865) ve *Studies of Plant Life in Canada*'da (1885) doğal çevreyle ilgili yazılar da yazdı. Çok sayıda bitki koleksiyonu Ottawa'da Kanada Doğa Müzesinde, Kanada Ulusal Herbaryumunda tutulmaktadır.
Ayrıca bkz. Tehlike altındaki habitatlar 236–239

KARL AUGUST MÖBIUS
1825–1908

Alman bir öncü olan Möbius öncelikle deniz ekosistemlerinin ekolojisiyle ilgilendi. Berlin Doğa Tarihi Müzesinde çalıştıktan ve Halle Üniversitesinde doktora yaptıktan sonra 1863'te Hamburg'da bir deniz suyu akvaryumu açtı. Kiel Üniversitesinde zooloji profesörüyken Kiel körfezinde ticari istiridye üretiminin yaşayabilirliği üzerine çalışmaları, istiridye yatağı ekosistemindeki organizmalar arasındaki çeşitli bağımlılık ilişkilerini tanımasına yol açtı.
Ayrıca bkz. Ekosistem 134–137

ERNST HAECKEL
1834–1919

Haeckel, Charles Darwin'in düşüncelerini Almanya'da popülerleştiren (birçoğunu reddettiği halde) ve 1866'da "eko-

loji" sözcüğünü tanıtan bir biyolog, hekim ve ressamdı. Potsdam'da doğru ve birkaç üniversitede okuduktan sonra 1861'de Jena Üniversitesinde zooloji profesörü oldu. Haeckel, –ne hayvan ne bitki olan organizmalar için– Protista âlemini öneren ilk biyologdu ve ışınlılar denilen minik derin deniz protozoalarını araştırdı ve titizlikle kaydetti.
Ayrıca bkz. Doğal seçilimle evrim 24–31

WILLIAM BLAKE RICHMOND
1842–1921

İngiliz ressam, heykeltıraş, vitray ve mozaik tasarımcısı olarak tanınan Londra doğumlu Richmond, Londra'da kışın kömür ateşinin ürettiği loş ve dumanlı havaya katlanmak zorunda kaldıktan sonra bir çevre aktivisti oldu. 1898'de temiz hava için lobi yapmak üzere Kömür Dumanını Azaltma Derneğini kurdu. İngiltere'de 1926'da Kamu Sağlığı (Duman Azaltma) yasasının ve 1956'da Temiz Hava Yasasının çıkmasında bu dernek etkili oldu.
Ayrıca bkz. Kirlilik 230–235

THEODORE ROOSEVELT
1858–1919

Ağır çocukluk astımıyla başa çıkmak için Roosevelt hevesli bir sporcu ve doğa insanı oldu, doğaya ömür boyu bir tutku geliştirdi. 1900'de ABD başkanlık seçimlerine William McKinley'le birlikte aday adayı olduğunda barış, refah ve çevre koruma programıyla seçime girdi. 1901'de McKinley suikaste uğrayınca Roosevelt 26. Başkan oldu ve sonrası ABD Orman Servisini beş yeni milli park, 51 kuş koruma alanı ve 150 ulusal orman kurdu.
Ayrıca bkz. Ormansızlaşma 254–259

JÓSEF PACZOSKI
1864–1942

Paczoski, şimdiki Ukrayna'da doğan Polonyalı bir çevrebilimciydi. Kiev Üniversitesinde botanik okudu ve ardından doğal bitki topluluklarını inceleyen fitososyolojiye öncülük etti; 1896'da bu terimi kullanan ilk kişi oldu. 1920'lerde Paczoski bitki sistematikleri profesörü olduğu Poznan Üniversitesinde dünyanın ilk fitososyoloji enstitüsünü kurdu. Milli park olarak yönettiği Białowieza Ormanı da dahil Orta Avrupa florası üzerine çalışmalar yayımladı.
Ayrıca bkz. Organizmalar ve çevreleri 166

JACK MINER
1865–1944

"Yaban Kazı Jack" olarak da bilinen Miner 1878'de ailesiyle birlikte ABD'den Kanada'ya göçtü. 33 yaşına kadar okuma yazması yoktu ama bıldırcınlar için kışın beslenme istasyonları inşa etmek gibi yerel koruma projeleri başlattı. Kuzey Amerika'da hareketlerini izlemek için kuşların bacaklarına alüminyum halka takan ilk kişilerden biriydi. Onun halka taktığı ve daha sonra Güney Carolina'da görülen bir ördek Kuzey Amerika'da halka takılıp bulunan ilk kuştu. Miner'ın 90.000'den fazla av kuşuna halka taktığı düşünülüyor; böylece göç yollarına ilişkin büyük bir veri tabanı kurulmasına yardımcı oldu.
Ayrıca bkz. Yurttaş bilimi 178–183

JAMES BERNARD HARKIN
1875–1955

Kimi zaman "Kanada milli parklarının babası" diye adlandırılan Harkin'in siyaset ve çevre korumaya tutkusu vardı. 1911'de Kanada Milli Parklar Ajansının ilk komiseri olarak atandı ve Point Pelee, Wood Buffalo, Kootenay, Elk Adası, Georgian Körfezi Adaları ve Cape Breton Highlands milli parklarının kuruluşunu yönetti. Harkin parkların ticari değerini fark etti ve turist çekmek için yol yapımını teşvik etme politikası çok sevilmedi. 1917'deki göçmen kuşları avlamayı düzenleyen mevzuatın arkasındaki itici güçtü.
Ayrıca bkz. Tehlike altındaki habitatlar 236–239, Ormansızlaşma 254–259

MARJORY STONEMAN DOUGLAS
1890–1998

Florida Everglades'i korumak için azimli bir kampanya yürüten Douglas aynı zamanda başarılı bir gazeteci ve yazar, kadınlara oy hakkı yanlısı ve sivil haklar savucusuydu. 1947'de çıkan kitabı *The Everglades: River of Grass*, Florida sulak alanlarının değerinin bilinmesinde etkili oldu 1969'da alanın kurutulup ıslah edilmesine karşı durmak için Everglades Dostlarını kurdu. Douglas yüz yaşından sonra da aktif kaldı ve 103 yaşında Özgürlük Madalyasıyla ödüllendirildi.
Ayrıca bkz. Yurttaş bilimi 178–183

BARBARA MCCLINTOCK
1902–92

1983'te McClintock fizyoloji ya da tıp dalında Nobel Ödülünü tek başına kazanan ilk kadın ve paylaşılmayan bir Nobel Ödülü tek başına kazanan ilk Amerikalı kadın oldu. Ödülü zaman zaman mutasyonlar oluşturan ya da mutasyonları tersine çeviren, yer değiştirebilir genetik öğeleri ya da "atlayan genler"i –30 yıldan fazla bir süre önceki– keşfinden ötürü aldı. Kromozomların hücre davranışıyla nasıl ilişkilendiğiyle ilgilenen bir sitogenetik uzmanı olarak mısırın –fiziksel özellikleri kromozom bölgeleriyle ilişkilendiren– ilk genetik haritasını ve ayrıca kromozomların bilgi alışverişi mekanizmasını keşfetti.
Ayrıca bkz. DNA'nın rolü 34–37

JACQUES COUSTEAU
1910–97

Fransız sualtı kâşifi Cousteau su dünyası üzerine belgeselleriyle ünlüydü. 1943'te Su Akciğeri denilen sualtı solunum aygıtı icat edildikten sonra Fransız Donanmasında II. Dünya Savaşından kalan sualtı mayınlarını temizleme işinde çalıştı. Eski bir mayın tarama gemisi olan *Calypso*'yu bir araştırma gemisine dönüştürüp okyanusları araştırdı, birçok kitap yazdı ve televiz-

yon programları yaptı. *Calypso* 1996'da ağır bir hasar gördü ama Cousteau 1997'de değiştirmeye fırsat bulamadan aniden öldü.
Ayrıca bkz. Bir plastik çöplüğü 284–285

PIERRE DANSEREAU
1911–2011

Dansereau orman dinamiklerini araştırmanın öncüsü olan ve "ekolojinin babaları"ndan biri sayılan Fransız kökenli, Kanadalı bir bitki çevrebilimcisiydi. Montreal'de doğdu ve 1939'da Cenevre Üniversitesinde bitki taksonomisi alanında doktora derecesi aldı. Daha sonra Montreal Botanik Bahçesinin kurulmasına yardımcı oldu ve botanik, biyocoğrafya ve insan ile çevre etkileşimi üzerine sayısız makale yazdı. 1988'de Montreal Üniversitesine emeritus profesör olarak atandı, 2004'te 93 yaşında emekli olana kadar bu görevi sürdürdü.
Ayrıca bkz. Biyocoğrafya 200–201

MARY LEAKEY
1913–96

Dünyanın önde gelen paleontologlarından biri olan Londra doğumlu Mary Leakey ilk arkeolojik kazısını 17 yaşında Devon'da bir "hafriyatta" illüstratör olarak işe alınca deneyimledi. 1937'de paleontolog Louis Leakey'le evlendi ve çift Olduvai boğazında –şimdi Tanzanya sınırları içindeki, fosilleriyle zengin bir sit alanı– çalışmak için Afrika'ya taşındı. 1948'de Mary insansımaymunların ve insanların 18 milyon yaşındaki bir atasının, *Proconsul africanus*'un fosil kafatasını buldu. Bunu, insanın atalarını anlamada başka atılımlar izledi; 1960'ta taş alet kullanan 1,4 ilâ 2,3 milyon yaşında bir insansı olan *Homo habilis*'in keşfi, bunlardan biriydi.
Ayrıca bkz. Doğal seçilimle evrim 24–31

MAX DAY
1915–2017

Bir çevrebilimci ve entomolog olan Day çocukken Avustralya'da yaban hayatına, özellikle böcekerle ilgi duydu. 1937'de Sydney Üniversitesi botanik ve zooloji bölümünden mezun olduktan sonra Harvard Üniversitesinde okudu ve doktora çalışmasını termitler üzerine yaptı. II. Dünya Savaşından sonra Avustralya'ya geri döndü ve 1976'da İngiliz Uluslar Topluluğu Bilimsel ve Sınai Araştırma Örgütü Orman Araştırmaları Bölümünün ilk başkanı oldu. Özellikle mikzomatoz üzerine çalışmalarıyla ve tavşan popülasyonu kontrolünde kullanmasıyla tanınan Day, ilk bilimsel makalesini 1938'de ve sonuncusunu –güveler üzerine– 74 yıl sonra yayımladı.
Ayrıca bkz. Böceklerde ısı düzenleme 126–127 ▪ İstilacı türler 270–273

JUDITH WRIGHT
1915–2000

Esas olarak bir şair olan Wright memleketi Avustralya'da, Aborijinlerin toprak hakları ve çevre sorunları için yürüttüğü kampanyalarla da ünlüydü. Yeni Güney Galler'de, Armidale'de doğdu, Sydney Üniversitesinde okudu ve ilk şiir kitabını 1946'da yayımladı. 1967 ile 1971 arasında ressam John Busst ve çevreci Len Webb ile birlikte Queensland eyalet hükümetinin Büyük Set Resifini madenciliğe açma planlarına karşı mücadele etmek için çevre koruma grupları, sendikalar ve ilgili yurttaşlardan oluşan bir ittifak kurdu. *The Coral Battleground* (1977) kitabında ayrıntılı anlatılan kampanya sonunda başarılı oldu.
Ayrıca bkz. Yeşil Hareketi 308–309

EILEEN WANI WINGFIELD
1920–2014

Avustralya'da yaşayan genç bir Aborjin kadın olarak Wingfield, babası ve kız kardeşiyle birlikte sığır ve koyun güttü. 1980'lerin başında Canegrass Swamp'ta, Olympic Dam uranyum madeni inşaatına karşı durmak için buldozerlerin önüne yattı. Daha sonra Wingfield, Eileen Kampakuta Brown ve diğer Aborijin yaşlılarla birlikte hükümetin Güney Avustralya'ya nükleer atık boşaltma önerisine karşı kampanya yürüttü. Kadınlar, yabancı hükümetler ve şirketler radyoaktif atıklarından kurtulma fırsatı bulduğunda büyüyebileceğinden korktukları çöplüğün tehlikelerini vurgulayan konuşmalar yaparak ülkeyi dolaştılar.
Ayrıca bkz. Kirlilik 230–235

EUGENIE CLARK
1922–2015

Köpekbalığı davranışlarını araştırtığı için "Bayan Köpekbalığı" olarak anılan Clark, Japon-Amerikalı bir deniz çevrebilimcisiydi ve bilimsel araştırma için skuba dalış kullanmanın öncülerindendi – Florida'da Sylvia Earle gibi diğer kadın çevrebilimcilerle birlikte çalıştığı Cape Haze Deniz Laboratuvarı civarında çok sayıda dalış yapdı. Clark köpekbalıkları ve balıklar hakkında önemli keşiflerde bulundu ve denizlerin korunmasının önemli bir savunucusuydu. 1995'te köpekbalığı türlerini korumak, mercan resiflerini muhafaza etmek ve sürdürülebilir balık yatakları kurmak için çalışan Mote Deniz Laboratuvarını kurdu.
Ayrıca bkz. Hayvan davranışı 116–117

DAVID ATTENBOROUGH
1926–

İngiliz doğabilimci ve televizyon yapımcısı Attenborough yazmaya ve belgesel yapmaya daha fazla zaman ayırmak için istifa etmeden önce BBC'de denetçi olarak çalıştı. Bir dizi doğa programı yazdı ve sundu –özellikle *Life on Earth* (1979; *Yeryüzünde Yaşam*) ile başlayan *Life* (*Yaşam*) dizisi. Attenborough'un çalışmaları İngiltere'de doğaya ve çevre korumaya kamuoyu ilgisini canlandırmakla saygınlık kazandı.
Ayrıca bkz. Bir plastik çöplüğü 284–285

PETER H. KLOPFER
1930–

Berlin doğumlu Klopfer bir çevrebilimcidir; doğal bir çevrede hayvan davranışlarını inceleyen etologya ana ilgi alanıdır. 1967'de çıkan etkili kitabı *An*

Introduction to Animal Behaviour: Ethology's First Century geçmiş ve şimdiki etolojik teorilerin bir sentezi işlevi gördü. 1968'de Kuzey Carolina'da Duke Üniversitesinde zooloji bölümünde ders vermeyi başladı; primat merkezinin açılmasında etkili oldu.
Ayrıca bkz. Hayvan davranışı 116–117

DIAN FOSSEY
1932–85

Afrika'da yabani dağ gorillerinin yaşamı ve toplumsal yapıları hakkında bilinenlerin çok büyük bölümü primatolog ve çevre korumacı Fossey'in çalışmalarına dayanır. San Franciscolu bir mankenin kızı olan Fossey, Afrika'yı ziyaret etmeden önce meslek hastalıkları uzmanı olarak çalıştı; Afrika'da Mary ve Louis Leakey'le tanıştı ve onlardan ilham aldı. 1967'nin başında Fossey, Ruanda dağlarında Karisoke Araştırma Merkezini kurdu ve orada gorilleri inceledi. Deneyimleriyle ilgili 1983'te çıkan ve çok satan kitabı – *Gorillas in the Mist*– daha sonra perdeye uyarlandı. Fossey Aralık 1985'te, olasılıkla kaçak avcılığa karşı duruşundan ötürü kampında öldürüldü.
Ayrıca bkz. Hayvan davranışı 116–117

TOMOKO OHTA
1933–

Ohta, Japon bir popülasyon genetikbilimcisidir; 1973'te ne nötr ne zararlı mutasyonların evrimde önemli bir rol oynadığı düşüncesini içeren Neredeyse Nötr Teori'yi önerdi. Ohta 1956'da Tokyo Üniversitesinden mezun olduktan sonra buğday ve şekerpancarının sitogenetiği (kromozomların hücre davranışıyla ilişkisi) üzerinde çalıştı ve şimdi Japonya'nın Ulusal Genetik Enstitüsünde çalışmaktadır.
Ayrıca bkz. Bencil gen 38–39

STANLEY C. WECKER
1933–2010

Amerikalı hayvan davranışları uzmanı Wecker hayvan popülasyonu ve topluluk ekolojisi alanında, özellikle hayvanların yaşamayı seçtikleri yeri neyin belirlediği konusunda nüfuzlu bir araştırmacıydı. 1963'te çayır geyik farelerinin habitat seçimi üzerine bilimsel bildirisi farelerin habitat seçiminde hem içgüdünün hem deneyimin rol oynadığını kanıtladı.
Ayrıca bkz. Ekolojik nişler 50–51

SYLVIA EARLE
1935–

Amerikalı deniz biyoloğu, yazar ve çevre korumacı Earle petrol sızıntısının etkileri konusunda uzmandır. 1991'de Körfez Savaşı sırasında Kuveyt petrol kuyularının tahrip edilmesinin neden olduğu hasarı değerlendirdi. Earle, Exxon Valdez, Mega Borg ve Deepwater Horizon petrol sızıntılarından sonra da benzer görevler üstlendi. 2009'da Mission Blue (Mavi Görev) girişimini başlattı; 2018'e kadar bütün dünyada yaklaşık 100 deniz koruma alanı kurdu.
Ayrıca bkz. Kirlilik 230–235

ROBERT E. SHAW
1936–

Shaw insan ve hayvanlarda çevrenin algıyı, eylemi, iletişimi, öğrenmeyi ve evrimi nasıl belirlediğine bakan ekolojik psikoloji alanında Amerikalı bir öncüdür. 1977'de bu yeni araştırma alanını fiilen başlatan *Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology* kitabının eşeditörlüğünü yaptı. 1981'de Shaw, Uluslararası Ekolojik Psikoloji Derneğinin kurucu başkanıydı; şimdi ise Connecticut Üniversitesi psikolojik bilimler bölümünde emeritus profesördür.
Ayrıca bkz. İnsan davranışını anlamak için hayvan modelleri kullanma 118–125

DAVID SUZUKI
1936–

Kanadalı bilim insanı Suzuki 1961'de Chicago Üniversitesinden zooloji diplomasıyla mezun oldu ve iki yıl sonra British Columbia Üniversitesi genetik bölümünde profesör oldu. 1970'lerin ortasından beri aynı zamanda TV ve radyo yayıncılığı yapmakta, doğa ve çevre üzerine kitaplar yazmaktadır. 1990'da insanların doğal dünyayla uyum içinde yaşamasının sürdürülebilir yollarını araştırmak için David Suzuki Vakfının eşkuruculuğunu yaptı.
Ayrıca bkz. Çevre etiği 306–307

DANIEL B. BOTKIN
1937–

Botkin, önde gelen Amerikalı yazar ve çevrecidir; doktorasını 1968'de Rutgers Üniversitesinde bitki ekolojisi alanında yaptı. Orman ekosistemlerinden balık popülasyonlarına kadar çevreyle ilgili tüm konularda yazar ve konuşur; ayrıca ajanslara, şirketlere ve hükümetlere danışmanlık yapar. Botkin onyıllarca iklim değişikliğini araştırdıktan sonra iklim değişikliğinin insan faaliyetinden ne kadar etkilendiğini sorguladı. Boston'a yakın Deniz Biyolojisi Laboratuvarında araştırmacı bilim insanıdır ve birçok Amerikan üniversitesinde çevre araştırmaları programlarına katılmaktadır.
Ayrıca bkz. İklim değişikliğini durdurma 316–321

EILEEN KAMPAKUTA BROWN
1938–

1990'ların başında Avustralya hükümeti Güney Avustralya çölünde, Woomera'ya yakın bir nükleer atık çöplüğü inşa etme planlarını açıkladı. Aborijin bir aksaçlı olan Brown, Eileen Wani Wingfield ile birlikte plana karşı mücadele etmek için Cooper Pedy kasabasında bir *kungka tjuta* (kadın konseyi) kurdu. 1950'lerde ve 1960'larda İngiliz ordusunun çöldeki nükleer denemelerinden sonra artan doğum kusurları, kanser ve diğer sağlık sorunlarının farkındaydılar ve radyasyonun yeraltı sularına sızmasından korkuyorlardı. Planlardan vazgeçildi; Brown ve Wingfield 2003'te Goldman Çevre Ödülünü kazandı.
Ayrıca bkz. Kirlilik 230–235

LYNN MARGULIS
1938–2011

Amerikalı biyolog Margulis 15 yaşında Chicago'da üniversiteye gitti ve 1965'te California Üniversitesinden doktora yaptı. Ertesi yıl Boston Üniversitesinde, çekirdeklerin içindeki hücrelerin, bakterilerin simbiyotik kaynaşmasının bir ürünü olarak evrildiğini öne sürdü. Bu düşünce 1980'lere kadar genel kabul görmemesine rağmen hücre evrimi anlayışını dönüştürdü.
Ayrıca bkz. Gaia hipotezi 214–217

PAUL F. HOFFMAN
1941–

Kanadalı bilim insanı Paul Hoffman'ın "kapak karbonatlar" –Namibya'da Prekambriyen tortul kayaçlarda eski buzullaşmanın kanıtları– keşfi 2000'de iklim değişikliği araştırmalarında "Kartopu Dünya" hipotezini canlandırdı. Bu terimi ilk kez 1992'de Amerikalı jeolog Joseph Kirschvink kullandı ama 19. yüzyılın sonundan beri, 650 milyon yıldan fazla bir süre önce Dünya'nın yüzeyinin neredeyse tamamen donmuş olduğuna dair tahminler vardı.
Ayrıca bkz. Eski buzul çağları 198–199

SIMON A. LEVIN
1941–

Amerikalı çevrebilimci Levin ekosistemlerin işleyişini anlamak için saha ve laboratuvar gözlemlerinin yanı sıra gelişmiş matematiksel modellemeyi kullanmada da uzmandır. Ekoloji ile ekonomi arasındaki ilişkileri de araştırmaktadır. Levin matematik dalında doktora derecesini 1964'te Maryland Üniversitesinden aldı ve 1965'ten 1992'ye kadar Cornell Üniversitesinde ders verdi. Princeton'a geçtikten sonra üniversitenin canlı dünyada karmaşıklığı üreten ve sürdüren mekanizmaları araştıran Biyokarmaşıklık Merkezinin müdürü olarak atandı.
Ayrıca bkz. Yırtıcı-av denklemleri 44–49

JAMES A. YORKE
1941–

Maryland Üniversitesi temelli Amerikalı matematikçi ve fizikçi Yorke kaos teorisi üzerine çalışmalarıyla tanınır. 1975'te Çinli matematikçi Tien-Yien Li ile birlikte yazdığı "Üçüncü Dönem Kaos İma Eder" başlıklı makalede, belli bir büyüme oranının üstünde popülasyon tahminlerinin tamamen öngörülemez olduğunu savundu – önemli ekolojik içerimleri olan bir keşif.
Ayrıca bkz. Popülasyon yaşayabilirlik analizi 312–315

IAN LOWE
1942–

Yeni Güney Galler Üniversitesinde mühendislik ve bilim okuyan ve doktorasını York Üniversitesinde fizik dalında yapan Avustralyalı çevreci Lowe, BM Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneline danışmanlık yapıyor. Yenilenebilir enerji ihtiyacı konusunda lafını sakınmaz ve "nükleer enerjiden daha çabuk, daha ucuz ve daha tehlikesiz" olduğunu savunur. 1996'da Lowe, Avustralya'nın çevre durumu üzerine ilk rapordan sorumlu uzmanlar grubuna başkanlık yaptı. Lowe şu anda Brisbane'de Griffith Üniversitesinde bilim, teknoloji ve toplum emeritus profesörüdür.
Ayrıca bkz. Yenilenebilir enerji 300–305 ▪ İklim değişikliğini durdurma 316–321

AILA KETO
1943–

Keto gençliğinin çoğunu Büyük Set Resifini ve etrafındaki yağmur ormanlarını araştırmakla geçirdi. Üniversitede biyokimya okudu ve devamında Queensland Üniversitesinde çalıştı. 1982'de kocası Keith'le birlikte Avustralya'nın Wet Tropics bölgesini korumak için çok çalışan Avustralya Yağmur Ormanlarını Koruma Derneğini kurdu.
Ayrıca bkz. Biyomlar 206–209

BOB BROWN
1944–

Brown, Sydney Üniversitesinde tıp okuduktan sonra Avustralya ve İngiltere'de doktorluk yaptı. 1972'te Tasmanya'ya taşındı ve çok geçmeden çevre hareketiyle ilgilendi. 1980'lerin başında, önemli habitatları yok edecek Franklin Barajı inşaatını önlemek için yürütülen başarılı bir kampanyanın liderlerinden biriydi. 1996'da Brown, Yeşil Parti temsilcisi olarak Avustralya senatosuna seçildi. 2012'de emekli olunca Avustralya habitatlarını korumak için kampanya yürüten Bob Brown Vakfını kurdu.
Ayrıca bkz. Su krizi 286–291

BIRUTE GALDIKAS
1946–

Almanya doğumlu antropolog ve primatolog Galdikas yaban ortamda orangutanları incelemeye öncülük etti. Jane Goodall ve Dian Fossey ile birlikte Louis Leakey'in büyük insansımaymunları incelemek için seçtiği "Üç Kafadar"dan biriydi. Leakey, Galdikas'ı 1971'de taşındığı Borneo'da bir orangutan araştırma istasyonunun kurulmasına destek vermeye ikna etti. Galdikas 30 yıldan fazla bir süre büyük insansımaymunları inceledi, orangutanların ve yağmur ormanı habitatlarının korunmasını savundu, yetim orangutanların rehabilitasyonunu üstlendi.
Ayrıca bkz. Hayvan davranışı 116–117

BRIAN A. MAURER
1954–2018

Maurer'in 1989'da "Makroekoloji: Kıtalarda Türler Arasında Besin ve Alan Bölüşümü" başlıklı makalesi –James H. Brown ile birlikte yazıldı– geniş alanlarda ve uzun zaman dilimleri içinde ekolojik örüntü ve süreçleri incelemenin değerli olduğu düşüncesine ilişkin ilk net açıklamaydı. Son yıllarında egzotik kuşların yayılım dinamiklerini ve Kuzey Amerika'da dağlarda yaşayan memeliler arasında tür çeşitliliğini araştırdı.
Ayrıca bkz. Makro-ekoloji 185

NANCY GRIMM
1955–

Arizona Eyalet Üniversitesi kökenli Grimm araştırmaları iklim değişikliği,

insan faaliyeti ve ekosistemlerin etkileşimine yoğunlaşan bir iklim değişikliği çevrebilimcisi ve sürdürülebilirlik uzmanıdır. Çalışmaları özellikle suyun ve kimyasalların ekosistemlerdeki hareketine odaklanır. Grimm, Amerikan Ekoloji Derneğinin başkanlığını yaptı ve ABD Küresel İklim Değişikliği Araştırma Programında kıdemli bilim insanıdır.
Ayrıca bkz. Ekosistem hizmetleri 328–329

TIM FLANNERY
1956–

Avustralya'nın en önde gelen çevrecilerinden biri olan Flannery, Yeni Güney Galler Üniversitesinde kangru evrimi üzerine çalışmasıyla 1984'te doktora derecesi aldı. Daha sonra birçok yeni tür keşfeden memeli uzmanı ve iklim değişikliği uzmanı olarak ün kazandı. Avusturalya devlet kuruluşu İklim Komisyonunun başkanlığını yaptı ve yenilenebilir enerjiyi savunuyor.
Ayrıca bkz. Yenilenebilir enerji 300–305

SUSAN KAMINSKYJ
1956–

Hücre biyoloğu ve mantar uzmanı Kaminskyj, Kanada'da Saskatchewan Üniversitesindeki laboratuvarından biyolojik iyileştirme olarak bilinen bir işlemle, petrol bulaşmış alanları temizlemek için mantar kullanımına öncülük etti. Kaminskyj ve ekibi tohumlar ASTh20-1 adlı bir mantarla işleme tabi tutulunca bitkilerin bu tür toprakların alt tabakasına yerleştiğini ve büyüdükçe toprağı temizlediğini buldu.
Ayrıca bkz. Mikorizaların her yerdeliği 104–105 ▪ Kirlilik 230–235

ROSEMARY GILLESPIE
1957–

İskoçya doğumlu Gillespie, Tennessee Üniversitesinde doktora yapmak için ABD'ye gitmeden önce Edinburg Üniversitesinde zooloji okudu. Özellikle tür düzeyinde biyolojik çeşitliliğin itici güçlerine ilişkin araştırmalarıyla tanınır; evrim araştırmalarını her adanın tarihinin az çok kesin bilindiği Hawaii zinciri gibi "sıcak nokta takımadalara" yoğunlaştırır. Çalışmalarının çoğu örümcek türlerinin evrimine odaklanır. Gillespie, Berkeley'de California Üniversitesinde örümcek ve böcek gibi eklembacaklılara odaklanan EvoLab'ı yönetiyor.
Ayrıca bkz. Böceklerde ısı düzenleme 126–127 ▪ Ada biyocoğrafyası 144–149

HARVEY LOCKE
1959–

Kanada, Calgary'de doğan Locke 1999'da tüm zamanını çevre korumaya ayırmadan önce bir hukukçu olarak eğitim gördü ve çalıştı. Geniş bir ağ üzerinde ister kentsel ister yabanıl olsun tüm toprakların bağlantısını içeren, geniş manzara ve bağlantı koruma olarak bilinen ekoloji alanlarına adanmıştır. Locke, Yellowstone'dan Yukon'a Koruma İnisiyatifinin kurucularından biriydi; İnisiyatif, Kuzey Amerika'nın bu iki bölgesi arasında kesintisiz bir yaban hayatı koridoru yaratmak için kampanya yütürüyor. 2009'da Locke 2050'ye kadar Dünya'nın kara ve su alanlarının yarısının korunmasını savunan Doğanın Yarısına İhtiyacı Var hareketinin eşkuruculuğunu yaptı. Locke Dünya'da altıncı kitlesel yok oluştan kaçınmak için bu politikanın zorunlu olduğunu savunuyor.
Ayrıca bkz. Kıtlesel yok oluşlar 218–223

MAJORA CARTER
1966–

Carter memleketi New York City'de köpeği onu terk edilmiş bir sanayi bölgesinden geçirip Bronx ırmağının kıyısına götürünce bu alanın yeniden canlanma potansiyelini fark etti. Bu alanda yerel halka doğal bir dinlenme ve ırmağa erişim olanağı sunan Hunts Point Riverside Park'ı oluşturmak için kent konseyinden fon aldı. Daha sonra örgütü Sürdürülebilir Güney Bronx (SSBx), New York'un diğer yerlerinde dezavantajlı topluluklarda "yeşil" kentsel dönüşümü savundu ve buna destek aldı. SSBx hava kalitesini ve besin tercihlerini iyileştirme kampanyaları da yürütüyor.
Ayrıca bkz. Yeşil Hareketi 308–309

SARAH HARDY
1974–

Hardy derin deniz madenciliğinin çevre üzerindeki etkilerini inceleyen Amerikalı bir deniz biyoloğudur ve kutupları araştırmaktadır. Deniz topluluklarını ve biyolojik çeşitliliğini korumak için okyanusları kuşaklara ayırmak için sistematik bir yaklaşımın önemli olduğunu, derin deniz koruma alanlarına öncelik verilmesini savunur. Hardy, California Üniversitesinde deniz biyolojisi okudu ve 2005'te Hawaii Üniversitesinde oşinografi alanında doktora derecesi aldı.
Ayrıca bkz. Bir plastik çöplüğü 284–285

KATEY WALTER ANTHONY
1976–

Alaska Üniversitesine üslenen Walter Anthony kutup çevrelerinde uzman bir su ekosistemleri çevrebilimcisidir. Kuzey Amerika Kutup Bölgesindeki göllerden karbondioksit ve metan salınımlarını inceledi. 2017'de gazın daha önce bilinenden daha derinde suya sızdığı bir kutup gölünden alışılmamış ölçüde büyük miktarda metanın kaçtığını keşfetti. Don tabakasında derin rezervlerden bu tür salınımlar başka yerlerde de tekrarlansa atmosferdeki metan miktarında dramatik bir artışa yol açabilirdi.
Ayrıca bkz. Keeling eğrisi 240–241

AUTUMN PELTIER
2004–

Kanada'da Wikwemikong Yerli Ulusunun Ontario'da yaşayan bir üyesi olan Peltier temiz içme suyu için kampanya yürütüyor, insanlığın suya büyük saygı duyması gerektiğini savunuyor. 2018'de 13 yaşında, BM Genel Kurulunda o zamana kadar konuşan en genç kişilerden biri oldu. Orada "Hiçbir çocuk temiz içme suyunun ne olduğunu bilmeden büyümemelidir ya da akan suyun ne olduğunu hiç bilmemelidir" politikasını savundu.
Ayrıca bkz. Su krizi 286–291

SÖZLÜK

Abiyotic Canlı olmayan; çoğu kez bir ekosistemin canlı olmayan öğelerine (iklim ve sıcaklık gibi) işaret etmek için kullanılır.

Akraba seçimi Bireylerin kendi güvenlikleri, refahları ya da üremeleri pahasına da olsa akrabalarının hayatta kalması için en iyi taktiği izlediği bir evrim stratejisi. Saha çalışması Kontrollü laboratuvar koşullarında değil, yabanda yapılan incelemeler.

Antropojenik İnsan faaliyetinden kaynaklanan ya da etkilenen.

Ardıllık Biyolojik bir topluluğun zaman içinde birkaç basit türden karmaşık bir ekosisteme evrilme süreci.

Asit yağmuru Çevreye zarar veren, asit düzeyi yüksek her türlü yağış biçimi; doğal olarak ya da insan faaliyetinin bir sonucu olarak gerçekleşebilir.

Aşırı avlanma Verili bir alanda, fazla yoğun balıkçılığın bir sonucu olarak balık popülasyonunun tükenmesi.

Atmosfer Dünya'nın etrafını saran gaz tabakası. Aynı zamanda organizmaları morötesi ışınımdan korur.

Av Başka bir tür tarafından avlanan bir tür.

Ayrıştırıcılar Enerji elde etmek için ölü organizmaları ve atık maddeyi ayrıştıran organizmalar, öncelikle bakteriler ve mantarlar.

Başkalaşım Bir türün tamamen yeni bir türe dönüştüğü evrimsel uzaklaşma süreci.

Besin ağı Bir ekosistemde toplulukların hayatta kalmak için daha geniş bir ölçekte nasıl etkileştiklerini gösteren besin zincirleri toplamı ve aralarındaki bağlantılar.

Besin zinciri Her organizmanın besin için bir önceki yaşam formuna bağımlı olduğu bir yırtıcı ve av dizisi.

Birincil bitki örtüsü Verili bir alanda şimdiki iklim koşullarının başından beri yaygın olan bitki örtüsü.

Birincil üretici Kendi besinini organik olmayan kaynaklardan, yani ışık ve/veya karbondioksit ve kükürt gibi kimyasal bileşiklerden yapan ve böylece onunla beslenen hayvanları besleyen herhangi bir organizma.

Biyocoğrafya Bitkilerin ve hayvanların coğrafi olarak nasıl dağıldığını ve zaman içinde bu dağılımda meydana gelen değişiklikleri inceleyen bilim dalı.

Biyoçözünür Genellikle atık ürünlere işaret ederken kullanılır, doğal süreçlerle ayrışabilen bir şey anlamına gelir.

Biyokütle Bir habitat içinde verili bir organizmanın genellikle ağırlık ya da hacim olarak ifade edilen toplam niceliği. Ayrıca organik maddeden yapılan ve genellikle elektrik üretmek için yakılan bir yakıt tipi.

Biyolojik çeşitlilik Verili bir coğrafi alanda türler arasında ve içinde çeşitliliği kucaklayan ekolojik yaşam çeşitliliği.

Biyolojik topluluk Bir yerdeki canlı organizmalar topluluğu çevreleriyle birleşince bir ekosistem oluştururlar.

Biyom Dünya'nın, içindeki bitki ve hayvan türlerine göre sınıflandırılabilen alanı.

Biyosfer Dünya'nın içinde yaşam var olabilen, atmosfer ile litosfer arasında bulunan tabakası; gezegendeki tüm ekosistemlerin toplamı.

Bolluk Bir ekosistemin içinde verili bir türün sayısı; bol bir tür, geniş popülasyon içinde güçlü bir biçimde temsil edilir.

Botanik Bitki yaşamını inceleyen bilim dalı.

Bölgesel yok olma Bir türün yerel düzeyde soyunun tükenmesi – bir türün özgül bir coğrafi alanda yok olup gezegenin başka yerlerinde hala var olması durumu.

Çarpık kentleşme Daha önce yoğun kentleşmiş bir alanın çoğu kez çevre için olumsuz sonuçlar doğurarak dışa doğru büyümesi.

Çeşitlilik Biyolojik bir topluluk ya da ekosistem içinde tür farklılığının bir ölçüsü.

Çevre koruma Hayvan yaşamını, bitki yaşamını ve doğal kaynakları koruma ve muhafaza etme.

Çürükçüller Atık maddeyle beslenen organizmalar.

Damarlı bitki Eğreltiotu ya da çiçek açan bir bitki gibi, dokusundan su ve mineral geçen bitki tipi.

Davranış ekolojisi Hayvan davranışını ve ekolojik baskıların bunu nasıl etkilediğini inceleyen bilim dalı.

Dengeleşim Bir organizmanın içinde istikrarlı bir iç durumu sürdürmek için ısı, su ve karbondioksit gibi koşulların düzenlenmesi.

Diyatom Bir ekosistemin istikrarında ve bir dizi yaşam formunun varlığını kolaylaştırmada çoğunlukla önemli bir rol oynayan büyük bir mikroskobik alg grubundan herhangi biri.

DNA Deoksiribonükleik asit. Bir kromozomda genetik bilgiyi taşıyan, ikili sarmal şeklinde büyük bir molekül.

Doğal seçilim Bir organizmanın üreme şansını artıran karakteristik özelliklerin tercihli olarak aktarılması.

Ekoloji Canlı organizmalar ile çevreleri arasındaki ilişkileri inceleyen bilim.

Ekosistem hizmetleri İnsanların bir ekosistemden elde ettiği faydalar; terim, insanlık için çevrenin önemine ışık tutar.

Ekosistem Verili bir çevrede birbiriyle etkileşen ve birbirini etkileyen organizmalar topluluğu.

Epidemiyoloji Hastalıkların popülasyonlara nasıl yayıldığını ve bunun geniş ekosistem üzerindeki etkisini inceleyen bilim.

Etçil Yalnızca et yiyen organizma.

Etoloji Uyumsal bir özellik olarak hayvan davranışının evrimini inceleyen, hayvanları doğal habitatlarında gözlemlemeye özel önem veren bilim dalı.

Evrim Türlerin zaman içinde, özellikler kuşaktan kuşağa geçtikçe değişme süreci.

Fizyoloji Organizmaların günlük işleyişine odaklanan biyoloji dalı.

Fosil Tortul kayaçlarda ya da kehribarda korunmuş ve katılaşmış tarihöncesi bir organizmanın kalıntıları.

Fosil yakıt Milyonlarca yıl içinde bitki ve hayvan kalıntılarından oluşan yenilenemez yakıtlar.

Fotosentez Bitkilerin ve alglerin Güneş'in ışık enerjisini glikoz olarak kimyasal enerjiye aktarma süreci. Süreç karbondioksit emer, oksijen bırakır.

GDO Genetiği değiştirilmiş organizma – DNA'yı değiştiren mühendislik teknikleriyle yapay ya da kimyasal olarak değiştirilmiş yaşam formu.

Gen Kalıtımın en temel birimi; bir DNA molekülünün bir ebeveynden yavrusuna özellik aktaran parçası.

Genom Bir organizmanın eksiksiz gen kümesi.

Geri dönüşüm Atıkları yeni nesnelere ya da malzemelere dönüştürme ya da yakıp enerji üretme süreci.

Geribesleme döngüsü Ekosistemin bir bölümünün geri kalan üzerinde yarattığı etki ve bu değişimin, bir bütün olarak sistemi beslemesi.

Göç Bir türün bir çevreden diğerine büyük ölçekli hareketi; çoğu kez mevsimsel olarak gerçekleşir.

Gübre Toprağın besin içeriğini artırmak ve bitkilerin daha başarılı büyümesine yardımcı olmak için toprağa eklenen, doğal ya da kimyasal olabilen maddeler.

Habitat Bir organizmanın doğal olarak içinde yaşadığı alan.

Hepçil Hem hayvanlarla hem bitkilerle beslenen organizma.

Hidrolik kırma Yerden petrol ya da gaz çıkarma işlemi. Hidrolik kırma, petrolü ya da gazı yüzeye çıkmaya zorlamak için yeri delip kayaçların içine yüksek basınçlı sıvı sıkmayı gerektirir.

Hipotez Daha sonra bilimsel deneyle test edilen, bir teori için başlangıç noktası olarak kullanılan düşünce ya da varsayım.

Hücre Kendi başına yaşayabilen en küçük yapısal ve biyolojik

birim; yeryüzündeki tüm yaşamın "yapıtaşı."

Isı düzenleme Bir organizmada, hayatta kalmak için çok önemli olan bir işlevi, istikrarlı bir ısıyı sürdürmek için gerçekleşen iç süreçler.

İklim değişikliği Dünya'nın birbiriyle bağlantılı hava durumu örüntülerinde değişiklik; insan eylemlerinin azdırdığı tedrici bir doğal süreç.

İstilacı tür Bir ekosisteme sokulan ve hızla yayılıp bölgenin ekolojik dengesine zarar veren yabancı tür.

Jeoloji Dünya'nın fiziksel oluşumunu ve yapısını inceleyen bilim. Jeologlar gezegenimizin tarihini ve gezegeni etkilemeye devam eden süreçleri inceler.

Kalıtım Genetik niteliklerin ve davranış yatkınlıklarının, hem genetik bilgi hem ebeveyn terbiyesi yoluyla yavruya geçmesi.

Kentleşme Kırsal alanlara yoğun bina yapılınca gerçekleşen süreç; neredeyse her zaman doğal çevre için olumsuz sonuçları vardır.

Kıyametçilik Dünya'nın kabuğundaki değişikliklere, zaman içinde tedrici değişime karşıt olarak, dramatik ve alışılmadık olayların neden olduğunu öne süren teori.

Kilittaşı tür Bir ekosistemde çoğu kez biyokütlesiyle orantısız ölçüde önemli bir rol oynayan ve kaldırılması bütün ekosistemi değiştirecek ya da tehlikeye atacak bir tür.

Kirlilik Atmosferde değişiklikler de dahil, doğal çevreye zararlı bulaşıkların girmesi.

Kitlesel yok oluş Tüm türlerin anormal ölçüde büyük bir kısmının –en az yarısının– yaygın ve hızlı ölümü; biyolojik çeşitlilikte bu keskin değişiklik gezegenimizin tarihinde genellikle yeni bir jeolojik çağa geçişin işaretidir.

Klimaks Organizma popülasyonlarının istikrarlı kalacak şekilde kararlı bir noktaya ulaşmış ekosistem ya da biyolojik topluluk. Bu, bir topluluğu oluşturan tür tipinin ve popülasyon büyüklüğünün zaman içinde değiştiği ardıllığın sonucudur.

Klimaks tür Çevresi kararlı kaldığı sürece değişmeyen bitki türü.

Kozalaklı İğneye benzeyen yapraklarını kışın dökmeyen kozalak tohumlu ağaçları tarif eder.

Kuluçka büyüklüğü Bir üreme döneminde yapılan yumurta sayısı.

Küresel ısınma Dünya atmosferinin sıcaklığında sera gazlarının birikmesinin neden olduğu tedrici artış.

Mantarlar Spor üreten ve organik maddeyle beslenen bir organizma grubu.

Metabolizma Bir organizmanın hücrelerinde, besini sindirmeyi olanaklı kılan süreçler gibi, organizmayı canlı tutmak için gerçekleşen kimyasal süreçler.

Meta-popülasyon Verili bir türün bazı bireylerin hareketiyle birbirine bağlanan daha küçük popülasyonlarının toplamı.

Meta-topluluk Bazı türlerin topluluklar arasında hareketiyle birbirine bağlanan ve etkileşen bağımsız topluluklar kümesi.

Mikorizalar Bitkilerin kökleri arasında büyüyen ve bu bitkilerle simbiyotik bir ilişki içinde var olan mantar tipleri.

Mikroorganizma Bakteri, virüs ya da mantar gibi insan gözünün görmediği ancak mikroskopla görülebilen organizma; mikrop olarak da bilinir.

Morfoloji Organizmaların dışsal yapılarını inceleyen bilim.

Mutasyon Bir organizmanın DNA'sında ona karakteristik olmayan özellikler kazandıran genetik bir dönüşümle sonuçlanabilen bir yapı değişikliği. Albinizm bir mutasyon örneğidir.

Mutualizm İki ya da daha fazla organizmanın hayatta kalmak için birbirine bağımlı olduğu durum.

Niş Bir türün bir ekosistemde işgal ettiği özgül yer ve rol.

Organizma Tekhücreli bakterilerden bitki ve hayvan gibi karmaşık, çokhücreli yaşam formlarına kadar canlı olan her şey için kullanılan genel bir terim.

Ormansızlaşma Çiftçilik, sanayi ve inşaat gibi çeşitli amaçlar için geniş bir alanda ağaçların kesilmesi.

Ornitoloji Biyolojinin kuşların incelenmesiyle ilgilenen dalı.

Otçul Yalnızca bitki yiyen organizma.

Ototrof Üretici; ışık, su ve havadaki kimyasallar gibi kaynaklar-

dan kendi besinini kendi yapan organizma.

Ozon tabakası Dünya atmosferinin ozon (O_3) molekülü yoğunluğu yüksek üst bölümü; morötesi ışımadan korur.

Paleontoloji Fosilleri ve Dünya'nın jeolojik geçmişinin biyolojisini inceleyen bilim dalı.

Paleobotanik bitki fosillerini inceleyen daldır.

Parazit Başka bir organizmanın üzerinde ya da içinde yaşayan ve konağından besin alan organizma.

Pestisitler Kültür bitkilerini korumak için belli zararlı tiplerini öldürmek için kullanılan kimyasallar. Ne var ki, hedef olmayan türleri de öldürebilir ve daha geniş ekosisteme zarar verebilirler.

Polenleme Polenin bir bitkinin erkek bölümünden dişi bölümüne kuşlar, böcekler, diğer hayvanlar ya da rüzgâr tarafından taşınması; döllenmeyi ve tohum üretimini olanaklı kılar.

Rekabetçi dışlama ilkesi Tamı tamına aynı kaynaklara bağımlı birden çok türün, her zaman biri diğerinden daha avantajlı olacağı için, bir popülasyon yükselirken diğeri düşmeden bir arada var olamayacağı düşüncesi.

Sera etkisi Dünya atmosferindeki gazların ısıyı hapsetmesi. Bu gazların birikmesi küresel ısınmaya yol açar.

Sera gazı Karbondioksit ve metan gibi, Dünya yüzeyinden yansıyan enerjiyi emip uzaya kaçmasını durduran gazlar.

Soy tükenme Bütün türün ölüp kalıcı bir biçimde yok olması.

Stokastisite Çevresel koşullarda popülasyonları ve ekolojik süreçleri etkileyen öngörülemez dalgalanmalar.

Sulama Ürünün büyümesine yardımcı olmak için, genellikle kanallarla toprağa kontrollü su verme.

Taksonomi Farklı organizmaları adlandırma ve sınıflandırma bilimi.

Tehlike altında Popülasyonu tamamen yok olma riskiyle karşı karşıya olacak kadar küçük bir türü tarif eder.

Tek ürünlü tarım Toprağı yalnızca bir bitki ya da hayvan tipi yetiştirmek için kullanma. Bunun toprak üzerinde zararlı etkileri vardır ve toprağın mineral değerini azaltabilir.

Tektonik levhalar Dünya kabuğunun ve üst mantosunun zaman içinde kayarak deniz tabanının yayılmasına, kıtaların kaymasına ve levha sınırlarında dağlara, çöküntü vadilerine, volkanlara ve depremlere neden olan parçaları.

Topluluk ekolojisi Verili bir coğrafi alanda türlerin nasıl etkileştiğini inceleyen bilim dalı.

Trofik çağlayan En az üç düzeyli bir besin zincirinin trofik bir düzeyinin kaldırılmasının bir bütün olarak ekosistem üzerindeki etkisi.

Trofik düzey Bir ekosistem hiyerarşisinde bir organizmanın yeri; besin zincirinin aynı düzeyinde bulunan organizmalar aynı trofik düzeydedir.

Tropikal kuşak Dünya'nın, Ekvator'u saran, Oğlak Dönencesi ile Yengeç Dönencesi arasında kalan ve Dünya'nın geri kalan kısmıyla aynı mevsimsel değişimleri yaşamayan bölgesi.

Tüketici Gerekli besin öğelerini almak için diğer organizmaları yiyen tür; bu terim, besin zincirinin tam dibinde olan her organizma için kullanılabilir.

Tür Üreme aracılığıyla birbirleriyle gen alışverişi yapabilen organizmalar grubu.

Uç yırtıcı Diğer türlerin avı olmayan yırtıcı.

Varyasyon Bir türün içinde ya genetik ya da çevresel faktörlerin neden olduğu farklılıklar.

Yaprak döken Sonbaharda yapraklarını döken ağaçları tarif eder.

Yenilenebilir enerji Güneş enerjisi, su enerjisi ve rüzgâr enerjisi gibi sonlu olmayan yakıt kaynakları.

Yeraltı suyu Dünya yüzeyinin altında, toprakta, kumda ya da kayaçlardaki boşluklarda bulunan su.

Yeşil Hareketi Çevrenin önemine daha fazla odaklanmayı teşvik eden ve dünyanın doğal habitatlarına zarar verilmesini önlemek için insanları harekete geçmeye çağıran siyasal bir ideoloji.

Yırtıcı Besin olarak diğer hayvan türlerini avlayan bir tür.

Yurttaş bilimi Tipik olarak büyük ölçekli veri toplamayı gerektiren, amatörlerin gerçekleştirdiği bilimsel araştırma.

DİZİN

Koyu renk sayılar
ana başlıkları gösterir

A

B

C-Ç

D

E

F

G

H

I-İ

J

K

ALINTILAR

EVRİMİN ÖYKÜSÜ

EKOLOJİK SÜREÇLER

DOĞAL DÜNYAYI DÜZENLEME

YAŞAMIN ÇEŞİTLİLİĞİ

EKOSİSTEMLER

DEĞİŞEN BİR ÇEVREDE ORGANİZMALAR

YAŞAYAN DÜNYA

İNSAN FAKTÖRÜ

ÇEVRECİLİK VE ÇEVRE KORUMA

TEŞEKKÜR

Dorling Kindersley, bu kitabın planlanmasındaki yardımından ötürü Profesör Fred D. Singer'a, tasarım yardımından ötürü Monam Nishat ve Roshni Kapur'a ve DTP yardımından ötürü Anita Yadav'a teşekkür eder.

FOTOĞRAFLAR

Yayınevi fotoğraflarının kullanılmasına izin verdikleri için aşağıdakilere teşekkür eder:

(Anahtar: a-yukarı; b-aşağı; c-orta; f-uzak; l-sol; r-sağ; t-üst)

21 Alamy Stock Photo: The Picture Art Collection (tr); The Natural History Museum (bl). **22 Alamy Stock Photo:** North Wind Picture Archives (br). **26 Rex by Shutterstock:** Granger (bl). **29 Alamy Stock Photo:** Kamal Bhatt (tl); Laurentiu Iordache (crb). **30 Alamy Stock Photo:** Blickwinkel (t). **31 Alamy Stock Photo:** Cultura RM (crb). Dorling Kindersley: Frank Greenaway / Natural History Museum, London (cb). **33 Alamy Stock Photo:** Pictorial Press Ltd (tr). Dreamstime.com: Gordana Sermek (bc). **35 Alamy Stock Photo:** Alexander Heinl / Dpa Picture Alliance / Alamy Live News (crb). Science Photo Library: A. Barrington Brown © Gonville & Caius College (cla). **36 Science Photo Library:** Pascal Goetgheluck (clb). **37 Alamy Stock Photo:** BSIP SA (tl). **39 SuperStock:** Animals Animals (cla); Guillem López / Age fotostock (tr). **46 Alamy Stock Photo:** Historic Collection (bl). **47 Getty Images:** Adam Jones (ca). **49 Science Photo Library:** Nigel Cattlin (tr). **51 Getty Images:** Pete Oxford / Minden Pictures (cla). **53 iStockphoto.com:** Stefonlinton (cla). **54 Alamy Stock Photo:** Suzanne Long (bc). **57 Ardea:** © Gregory G. Dimijian M.D. / Scie (cla). Science Photo Library: Gilbert S Grant (br). **59 Depositphotos Inc:** Andaman (b). **62 Alamy Stock Photo:** Richard Ellis (b). **63 Alamy Stock Photo:** Kevin Schafer (tr). **64 Courtesy of National Park Service, Lewis and Clark National Historic Trail:** (bl). **65 Alamy Stock Photo:** Nick Upton (tl). **67 Alamy Stock Photo:** Avalon / Photoshot License (tr). Getty Images: Roger Tidman (bl). **69 Alamy Stock Photo:** GL Archive (br); Pictorial Press Ltd (cra). **70 Alamy Stock Photo:** M.Brodie (clb); David speight (tr). **73 Alamy Stock Photo:** PF-(bygone1) (tr). **Getty Images:** Fritz Polking (bl). **75 Alamy Stock Photo:** Nigel Cattlin (bl). **Getty Images:** Visuals Unlimited, Inc. / Anne Weston / Cancer Research UK (b). **77 Alamy Stock Photo:** David Lester (cla). **83 Getty Images:** Douglas Klug (cra); DEA Picture Library (bl). **85 Alamy Stock Photo:** Art Collection 3 (bl); Science History Images (cra). **87 Alamy Stock Photo:** ART Collection (tr); Florilegius (bl). **89 Alamy Stock Photo:** Jeff J Daly (clb). **90 Getty Images:** Shawn Walters / EyeEm (br). **91 Alamy Stock Photo:** Henri Koskinen (crb). **94 Getty Images:** Bettmann (tl); Education Images (br). **95 Alamy Stock Photo:** De Luan (tl). **96 Alamy Stock Photo:** Marka (br). **97 Getty Images:** Denver Post (tr). **103 Alamy Stock Photo:** BSIP SA (bl); Historic Images (tr). **104 Science Photo Library:** Dr. Merton Brown, Visuals Unlimited (cr). **105 Alamy Stock Photo:** Blickwinkel (crb). **109 Alamy Stock Photo:** Wildlife GmbH (crb); DP Wildlife Invertebrates (ca). **110 Alamy Stock Photo:** Vince Burton (clb). **Getty Images:** Universal History Archive (tc). **111 Alamy Stock Photo:** Ingo Oeland (br). **112 Science Photo Library:** Wim Van Egmond (br). **113 Alamy Stock Photo:** Biosphoto (t). **114 Dreamstime.com:** Bernard Foltin (br). **115 SuperStock:** Minden Pictures (br). **116 Alamy Stock Photo:** Austrian National Library / Interfoto (cra). **117 Getty Images:** Rolls Press / Popperfoto (bl). **121 Dreamstime.com:** Mark Higgins (cra). **Getty Images:** CBS Photo Archive (bl). **122 Getty Images:** Michael Nichols (t). **123 naturepl.com:** Anup Shah (br). **124 Getty Images:** Dr Clive Bromhall (br); Dan Kitwood / Staff (tl). **125 Alamy Stock Photo:** Terry Whittaker Wildlife (br). **127 Alamy Stock Photo:** Oliver Christie (cla). **Getty Images:** Alastair Macewen (br). **133 Getty Images:** Wildestanimal (cra). **135 Alamy Stock Photo:** The Picture Art Collection (bl). **iStockphoto.com:** Vlad61 (cra). **136 Alamy Stock Photo:** A.P.S. (UK) (tr). **137 Getty Images:** Olaf Protze (br). **139 Alamy Stock Photo:** The Natural History Museum (cla). **Science Photo Library:** Ted Kinsman (crb). **141 Alamy Stock Photo:** Danita Delimont (cla). **142 Alamy Stock Photo:** Dennis Frates (bl). **143 Alamy Stock Photo:** World History Archive (tl). **Getty Images:** Fine Art (crb). **146 Alamy Stock Photo:** Mark Lisk (tr). **147 Courtesy of Marlboro College:** www.marlboro.edu (tr). **149 Alamy Stock Photo:** age fotostock (tl). **Getty Images:** Universal History Archive / UIG (br). **151 Alamy Stock Photo:** Jason Bazzano (cla). naturepl.com: Paul Williams (br). **153 Alamy Stock Photo:** Bill Crnkovich (crb). **155 Alamy Stock Photo:** Blickwinkel (ca). **156 North Carolina State University:** Rebecca Kirkland (c). **163 Alamy Stock Photo:** Greg Basco / BIA / Minden Pictures (cb). Pictorial Press Ltd (tc). **165 Alamy Stock Photo:** GL Archive (tr). **Science Photo Library:** Solvin Zankl / Visuals Unlimited, Inc. (bl). **166 NASA:** Jeff Schmaltz, MODIS Rapid Response Team, NASA/ GSFC (crb). **168 Alamy Stock Photo:** Emmanuel Lattes (cr). **169 Alamy Stock Photo:** RWI Fine Art Photography (br). **170 Alamy Stock Photo:** Robert K. Olejniczak (cra). **173 Dreamstime.com:** Anton Foltin (cra). **175 Dreamstime.com:** Claudio Balducelli (cla). **176 Alamy Stock Photo:** AllCanada Photos (br). **180 U.S.F.W.S:** (tr). **181 Alamy Stock Photo: Everett Collection Inc** (tr); **Ian west** (bl). **182 Dreamstime.com:** Yuval Helfman (tl). **183 Alamy Stock Photo:** Natural History Archive (tr). **185 naturepl.com:** Mary McDonald (crb). **187 naturepl.com:** Jussi Murtosaari (bl). **Rex by Shutterstock:** Antti Aimo Koivisto (tr). **189 Alamy Stock Photo:** David Hall (tl); Genevieve Vallee (br). **191 Alamy Stock Photo:** Mauritius images GmbH (bl). **Getty Images:** Danita Delimont (cra). **193 Alamy Stock Photo:** Adam Burton (tl). **198 Getty Images:** Philippe Lissac / GODONG (bc). **199 Alamy Stock Photo:** Rolf Nussbaumer Photography (crb). Depositphotos Inc: swisshippo (cla). **201 Dreamstime.com:** Rvo233 (cla). **Getty Images:** Hulton Archive / Stringer (tr). **202 IPCC :** FAO 1.3, Figure 1 from Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather, 2007: Historical Overview of Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA (br). **203 Getty Images:** Wolfgang Kaehler / LightRocket (crb). **205 Alamy Stock Photo:** Sputnik (tr). **iStockphoto.com:** Totajla (tl). **207 Alamy Stock Photo:** Suzanne Long (tr). **SuperStock:** Wolfgang Kaehler (bl). **209 Depositphotos Inc:** Pawopa3336 (tl). **Getty Images:** DEA / C.DANI / I. JESKE (crb). **210 Getty Images:** R A Kearton (cr). **211 Alamy Stock Photo:** ClassicStock (br). **212 Dorling Kindersley:** Dorling Kindersley: Colin Keates / Natural History Museum, London (cra). **213 Alamy Stock Photo:** AustralianCamera (clb). **215 Alamy Stock Photo:** Ancient Art and Architecture (bc). **Getty Images:** Terry Smith (tr). **216 Alamy Stock Photo:** Iuliia Bycheva (tr). **217 iStockphoto.com:** Zhongguo (br). **220 Science Photo Library:** Detlev Van Ravenswaay (tr). **221 Alamy Stock Photo:** Pictorial Press Ltd (tr). **223 Getty Images:** The Washington Post (crb). **225 Alamy Stock Photo:** Arterra Picture Library (cla). **Getty Images:** Magnus Kristensen / AFP (crb). **233 Alamy Stock Photo:** Chronicle (br). **Getty Images:** Sonu Mehta / Hindustan Times (bl). **234 Alamy Stock Photo:** Design Pics Inc (b). **Unicef:** (tr). **235 UNSW:** Aran Anderson (tl). **237 Alamy Stock Photo:** Archive Pics (tr). **iStockphoto.com:** 4kodiak (cla). **238 Alamy Stock Photo:** Paul Kennedy (bc). **239 Alamy Stock Photo:** ImageBroker (crb); Huang Zongzhi / Xinhua / Alamy Live News (tl). **241 Alamy Stock Photo:** Arctic Images (br). **Science Photo Library:** Simon Fraser / Mauna Loa Observatory (cla). **244 Alamy Stock Photo:** Walter Oleksy (bl). **Science Photo Library:** CDC (tr). **247 iStockphoto.com:** Harry Collins (br). **248 Alamy Stock Photo:** Christopher Pillitz (bc). **249 Gene E. Likens:** On Location Studios, Poughkeepsie, NY (tr). **250 Alamy Stock Photo:** North Wind Picture Archives (bc). **251 Getty Images:** Peter Charlesworth (crb). **Dr Max Roser:** Esteban Ortiz-Ospina (2018) "World Population Growth". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: https://ourworldindata.org/world-population-growth [Online Resource] (cla). **252 Alamy Stock Photo:** Renault Philippe / Hemis (cr). **253 Alamy Stock Photo:** Danita Delimont (crb). **256 Getty Images:** Brazil Photos (br). **257 Getty Images:** Antonio Scorza / Staff (tr). **258 Getty Images:** Michael Duff (b). **259 Getty Images:** Micheline Pelletier Decaux (br). MongaBay.com: Rhett Butler / rainforests.mongabay.com (tl). **261 Getty Images:** Orlando / Stringer (crb). **NASA:** Jesse Allen (cla). **263 Getty Images:** Orjan F Ellingvag / Corbis (cla); Fairfax Media (tr). **264 Dreamstime.com:** Oliver Förstner (crb). **265 Alamy Stock Photo:** IanDagnall Computing (t). **267 Alamy Stock Photo:** Poelzer Wolfgang (br). **268 John M. Yanson:** (tl). **269 Alamy Stock Photo:** Science History Images (br). **Getty Images:** Barcroft Media (bl). **271 Getty Images:** Scott Tilley (cla). **NSW Department of Primary Industries:** Dr Steven McLeod (cra). **272 123RF.com:** Stephen Goodwin (crb). **273 Alamy Stock Photo:** Jack Picone (tr). **277 Alamy Stock Photo:** Gay Bumgarner (cra). **Camille Parmesan:** Marsha Miller, University of Texas at Austin (bl). **278 Getty Images:** Bianka Wolf / EyeEm (bl). **279 Alamy Stock Photo:** Andrew Darrington (tl). **280 iStockphoto.com:** ca2hill (cr). **282 Alamy Stock Photo:** Christian Hütter (bl). **283 Getty Images:** Hector Vivas (tr). **284 Getty Images:** Peter Parks / AFP (br). **285 Ardea:** Paulo de Oliveira (br). **288 Getty Images:** AFP / Stringer (tr). **289 Getty Images:** Jim Russell (bl). **290 Alamy Stock Photo:** ImageBroker (tl). **Mesfin Mekonnen and Arjen Hoekstra:** (2016) http://advancessciencemag.org/content/2/2/e1500323 (b). **291 Alamy Stock Photo:** Russotwins (crb). **296 Alamy Stock Photo:** Granger Historical Picture Archive (bc). **298 Alamy Stock Photo:** The Granger Collection (bc). **299 Getty Images:** DEA / Biblioteca Ambrosiana / De Agostini (cr). **302 Alamy Stock Photo:** Jim West (br). **303 Getty Images:** Bloomberg / reprinted with permission from Joint Center for Artificial Photosynthesis - California Institute of Technology (crb). **304 Getty Images:** TPG (b). **305 IEA:** © OECD/IEA [2016], Renewables Information, IEA Publishing. Licence: www.iea.org/t &c<http://www.iea.org/t&c> (tr). **307 Alamy Stock Photo:** Jonathan Plant (ca). **Rex by Shutterstock:** AP (tr). **309 Alamy Stock Photo:** Steve Morgan (cla); Friedrich Stark (tr). **311 Alamy Stock Photo:** Flowerphotos (tr). **313 Alamy Stock Photo:** Rick & Nora Bowers (br). **Ardea:** © USFWS / Science Source / Science S (cla). **314 Getty Images:** Design Pics / Richard Wear (t). **315 Rex by Shutterstock:** Chuck Graham / AP (tr). **318 Getty Images:** Digital First Media / Inland Valley Daily Bulletin via Getty Images (tr). **319 Rex by Shutterstock:** Eric Lee / Lawrence Bender Prods. / Kobal (b). **320 Rex by Shutterstock:** Mohammed Seeneen / AP (tr). **323 Getty Images:** Hero Images (cra). NOAA: (bl). **324 Getty Images:** Tony Karumba (br). **325 Getty Images:** Paul J. Richards / Staff (tr). **326 Alamy Stock Photo:** Inga Spence (cr). **327 iStockphoto.com:** pixelfusion3d (cb). **Rex by Shutterstock:** AGF s.r.l. (tr). **328 Getty Images:** Amana Images Inc (cr). **329 Stanford News Service:** Linda A. Cicero (tr). **331 Getty Images:** Ted Aljibe / Staff (crb).

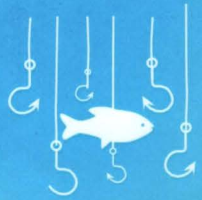
Diğer tüm görseller © Dorling Kindersley
Daha fazla bilgi için bkz: **www.dkimages.com**

GİTGİDE BÜYÜYEN BALIKÇI TEKNELERİ GİTGİDE KÜÇÜLÜP AZALAN BALIKLARI KOVALIYOR



SON SÖZÜ MİKROPLAR SÖYLER





BİYOSFERİ KURTARIRSAN DÜNYA'YI KURTARABİLİRSİN



DOĞANIN HER ŞEYİNDE HARİKA BİR ŞEY VARDIR

KİTLESEL BİR YOK OLUŞUN İLK EVRESİNDEYİZ



Neden daha büyük biyolojik çeşitlilik istenir? Ozon tabakasındaki delikler nasıl keşfedildi? Soyu tükenen başka türler olacak mı? İnsanlar tarih boyunca canlı dünyayı düzene koymaya ve işlerin nasıl yürüdüğünü anlamaya çalışıyor. Gezegen üzerindeki etkimiz gün geçtikçe artarken bu derin soruları yanıtlamak daha da önem kazanıyor.

Sade bir dille yazılan **Ekoloji Kitabı** 90'dan fazla önemli düşünceye ait kısa ve öz açıklamalarla dolu. Karmaşık teoriler, grafiklerle adım adım çözüme ulaşıyor; açıklayıcı alıntılar fikirleri ve keşifleri unutulmaz kılıyor; muzip çizimler bilimi kavrayışımızla oynayarak onu geliştiriyor.

Ekolojiye yabancıysanız, yaşayan dünyaya dair hevesli bir öğrenciyseniz ya da gezegenimize neler yaptığımız konusunda endişeleniyorsanız **Ekoloji Kitabı** bütün meraklarınızı tatmin edecek.



MİKROSKOPLARIN YARDIMIYLA GÖZÜMÜZDEN HİÇBİR ŞEY KAÇMAZ



ALFA
alfakitap alfakitap
alfakitap www.alfakitap.com
9 786254 492020
BAŞVURU
DK

150 00